

ビルマ連邦社会主義共和国

都市飲料水開発計画基本設計調査

報告書

昭和58年12月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1016119[8]

ビルマ連邦社会主義共和国

都市飲料水開発計画基本設計調査

報 告 書

昭和56年12月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 8. 28	104
登録No. 14353	'61.8
	GRB

マイクロ
フィルム作成

序 文

日本国政府は、ビルマ連邦社会主義共和国の要請に基づき、マグウェ、ブローム両市における都市飲料水開発計画にかかる基本設計調査を行なうことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

事業団は、基本設計に必要な資料収集、現地踏査およびビルマ国政府関係者との協議のため、昭和56年7月26日から9月13日の50日間にわたり、当事業団無償資金協力部基本設計課課長代理松岡和久を団長とする調査団を現地に派遣した。

現地調査は、ビルマ国政府関係者の全面的な協力を得て行なわれ、今般、国内作業のすべてを終了し、ここに調査報告書提出の運びとなった次第である。

本報告書が、本プロジェクトの推進に寄与するとともに、ビルマ、日本両国の友好親善に役立つことを願うものである。

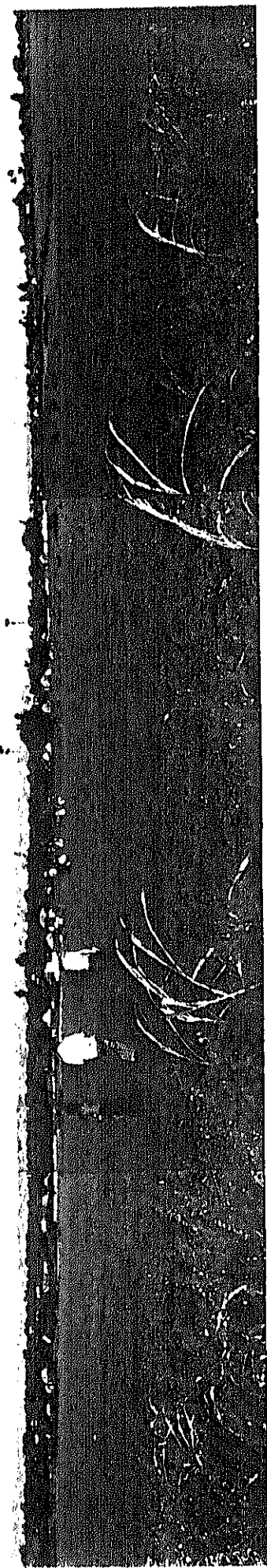
最後に、本調査にご協力とご援助をいただいた、ビルマ国政府およびわが国関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

昭和56年12月

国際協力事業団

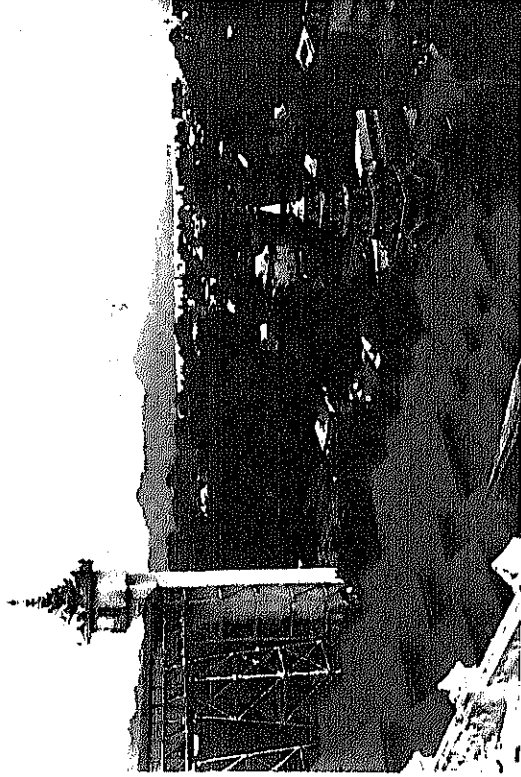
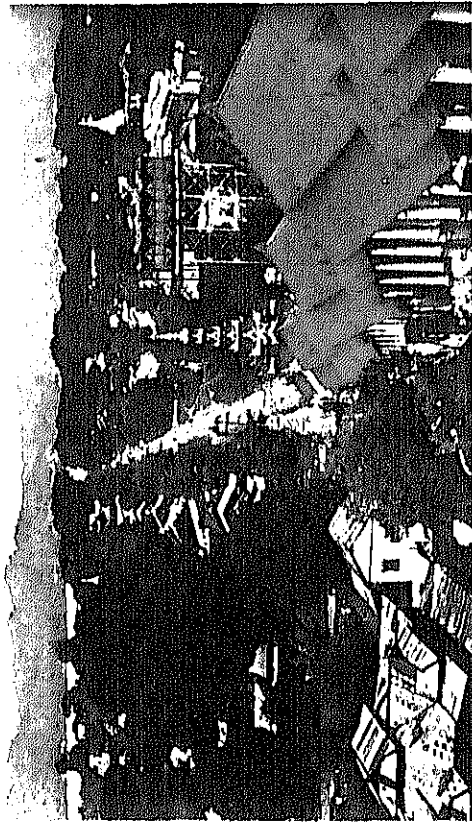
総裁 有 田 圭 輔

Magwe town



Magwe town 東部台地から西方市街地を望む台地上右方で電気探査(測点No16)実施中。その向うにwireless stationの鉄塔が見える。遠くに見える一連の山々はIrrawaddy河対岸のMinbu town 方面に分布するPegu 層群の山地である。

Prome town



Prome town 旧市街地南方の丘に立つ有名なShwe Sandaw Pagodaから、西方Irrawaddy河方面を望む。中央に配水タ
ンクが見られる。

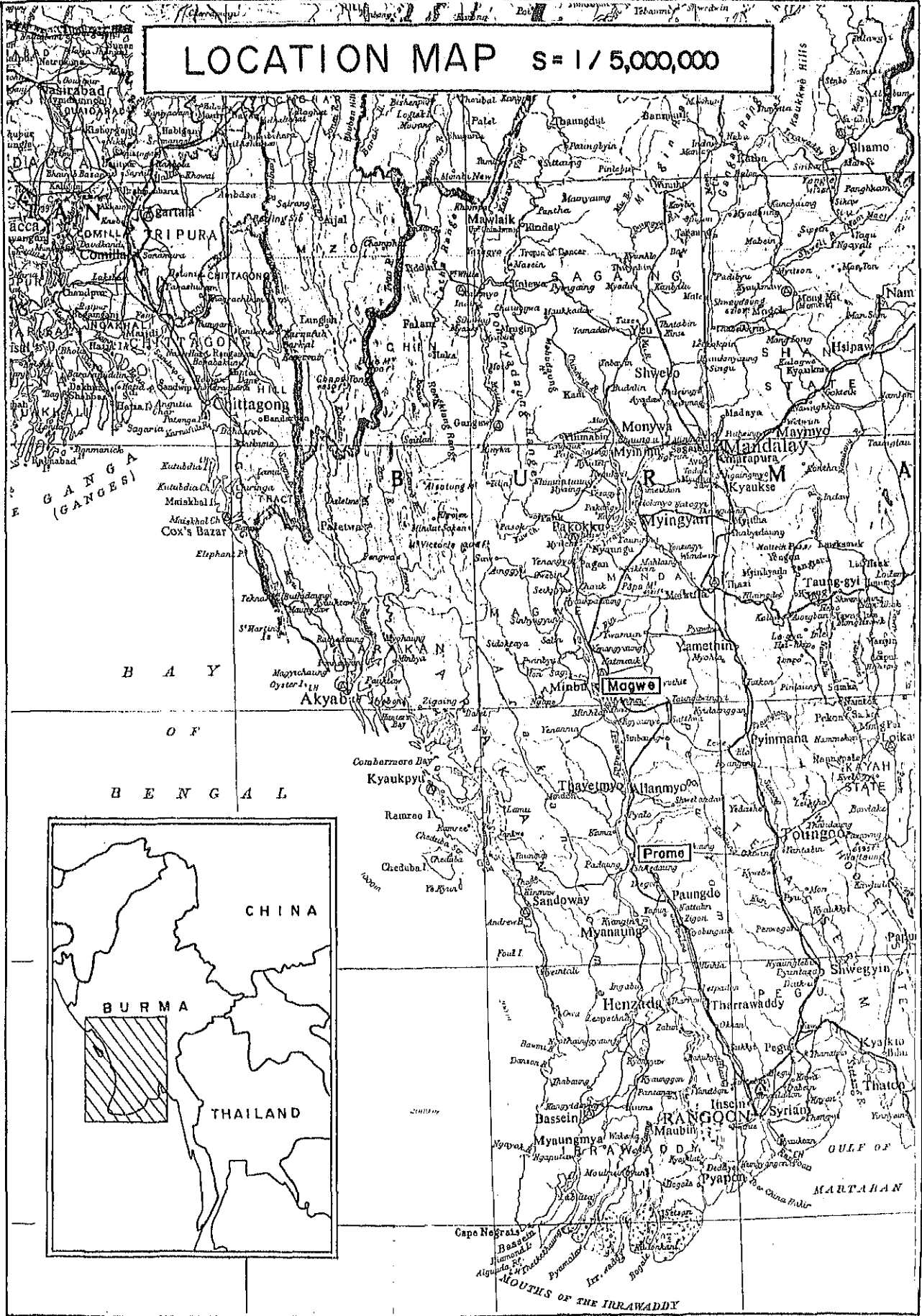


BURMA

H.C.
MAGNITUDE IN FEET



LOCATION MAP S = 1 / 5,000,000



目 次

第1章 総 論	1
1-1 プロジェクトの背景	1
1-2 調査目的	2
1-3 調査対象地域	2
1-4 調査概要	3
第2章 ビルマ国における地下水開発と都市水道事業	5
2-1 ビルマ国の概要	5
2-2 ビルマ国の水文地質	6
2-2-1 降水量および蒸発量	6
2-2-2 水理地質	8
2-3 都市水道事業の現況	10
2-4 都市水道行政	11
2-5 都市水道における外国援助	11
第3章 マグエ プロジェクト	15
3-1 地域の概況	15
3-2 水道事業の沿革	18
3-3 水道計画の策定	22
3-3-1 計画対象区域	22
3-3-2 計画給水人口	22
3-3-3 計画給水量	26
3-3-4 水源計画	27
3-4 地下水開発計画	28
3-4-1 水理地質概要	28
3-4-2 帯水層	30
3-4-3 地下水の水質	38
3-4-4 地下水賦存量	38

3-4-5	1井当り揚水量，井戸間隔および井戸深度	41
3-4-6	実施計画	42
3-5	水道施設計画	49
3-5-1	施設基準	49
3-5-2	施設の概要	49
3-5-3	施設の規模	54
3-5-4	計算結果	56
第4章	ブルム プロジェクト	65
4-1	地域の概況	65
4-2	水道事業の沿革	68
4-3	水道計画の策定	71
4-3-1	計画対象地域	71
4-3-2	計画給水人口	71
4-3-3	計画給水量	74
4-3-4	水源計画	76
4-4	地下水開発計画	76
4-4-1	水理地質概要	76
4-4-2	帯水層	77
4-4-3	地下水の水質	83
4-4-4	地下水賦存量	83
4-4-5	1井当り揚水量，井戸間隔および井戸深度	84
4-4-6	実施計画	85
4-5	水道施設計画	91
4-5-1	施設基準	91
4-5-2	施設の概要	91
4-5-3	施設の規模	95
4-5-4	計算結果	97

第5章 工事費・工程・維持管理	105
5-1 工事費の概算	105
5-2 建設工程	112
5-3 建設工事実施体制	112
5-4 維持管理	115
第6章 プロジェクトと無償資金協力	119
6-1 無償資金協力の対象	119
6-2 無償資金協力対象資機材	120
6-2-1 資機材の選択方針	120
6-2-2 さく井用資機材	121
6-2-3 井戸用資機材	123
6-3 無償資金協力対象資機材リスト	126
第7章 本プロジェクトの効果	150
第8章 本プロジェクトにおける問題点	152

付 録

要 約

要 約

1. ビルマ連邦社会主義共和国における都市人口が総人口に占める割合の推移は、1931年 10.4%、1953年 13.5%にすぎなかったが、その後都市人口の占める割合は急速に増加し、1981年には24%となり、今後ともこの傾向は強まるものと予想される。

しかしながら、都市水道事業における給水人口の伸び率は、1977年 41%、1981年現在 42%にとどまり、全国288主要都市のうち、水道施設を有するものは、63都市にすぎない。しかもその給水施設は、当該都市の全域をカバーしていないもの、給水量が給水地域および人口に較べて著しく少ないもの、また水質的に疑問のあるものなども多く、都市飲料水の開発はビルマ国政府の緊急課題となっている。

2. ビルマ国政府は、首都 Rangoon、古都 Mandalay を除く地方都市の水道施設整備計画を推進することとし、この計画を実施するに当り Magwe および Prome の2都市をパイロット・プロジェクト対象都市として選定し、地下水開発による水道施設整備事業に対する無償資金協力を、日本政府に要請してきた。この要請に応じて、無償資金協力の妥当性を判断するために日本政府は本調査団を派遣することとしたものである。

3. 本調査は Magwe および Prome を調査対象地域として次の作業を行うことを目的とした。

- 1) 水道水源としての地下水開発の立案
- 2) 水道施設計画の立案
- 3) このプロジェクトの効果の判定
- 4) 無償資金協力対象資機材の仕様、数量、金額の算定
- 5) 無償資金協力対象予定資機材を用いて行う地下水開発のためのガイドラインの作成

4. Magwe および Prome の概況および地下水開発計画・水道施設計画の計画諸元は次の通りである。

項目	プロジェクト名	Magwe	Prome
概況			
町域 (km ²)		8,614	2,071.9
人口(人)(1981年)		48,933	78,146
位置		Rangoon北方560km Irrawaddy河左岸	Rangoon北方250km Irrawaddy河左岸
都市の特色		Magwe 管区庁所在地として管区の中心都市 Magwe 空港がある。	Regu管区北部の重要都市 特に商業の中心地・Rangoonから直通列車の便あり
水文地質			
年平均降水量 (mm)		886	1,207
年平均蒸発量 (mm)		2,000	1,700
地帯別		半乾燥地帯 全城 Irrawaddy 層群分布地帯	モンスーン地帯 南西部は Pegu 層群、これを覆い Irrawaddy 層群が分布
帯水層		Irrawaddy 層群にあり、電気探査結果による透水層および透〜難水層とした地層に賦存する。層厚 20m	分布は Magwe と同じ 層厚 30m
地下水賦存量 (m ³)		27,000,000	12,000,000
水道施設計画			
目標年(1991年)人口		60,834	97,225
計画給水人口(人)		60,834	67,000
1人1日平均給水量(ℓ)		150	150
1人1日最大給水量(ℓ)		195	195
既存施設給水量(m ³ /日)		1,365	3,240
新施設計画給水量(m ³ /日)		11,500	14,700
1井当り揚水量(m ³ /日18h)		700	1,000
生産井平均深度(m)		110	150
調査井平均深度(m)		150	200
生産井数(本)		17	15
調査井数(本)		13	11
揚水試験用観測井(本)		30	26
経年水位観測井(本)		3	3
水中ポンプ(KW)		15	30
導水管総延長(m)		ダクタイル鋳鉄管 8,700	ダクタイル鋳鉄管 6,900
貯水槽容量(m ³)		№1 RC構造 1,400 №2 RC構造 1,400 №3 RC構造 1,200	№1 地下式RC構造 1,700 №2 地下式RC構造 1,600 №3 高架RC構造 290

5. Magwe、Prome および全体の概算工事費は、次の通りである。

工事費 事項	概算工事費 (積算:1981年8月)(千円)									
	Magwe			Prome			全 体			
	資機材費		労務費	資機材費		労務費	資機材費		労務費	合 計
	外貨	内貨	内貨	外貨	内貨	内貨	外貨	内貨	内貨	
取水施設	110801	40825	4956	117466	37121	4505	228267	77946	9461	315674
導水施設	63536	-	10920	69370	-	11707	133013	-	22627	155640
貯水施設	-	104200	26000	-	109900	27500	-	214100	53500	267600
配水施設	110684	900	19437	182379	-	32232	293063	900	51669	345632
直接工事費計	285128	145925	61313	369215	147021	75944	654343	292946	137257	1,084,546
諸経費	-	-	123091	-	-	148045	-	-	271136	271,136
ボーリング機械 および付属品	234360	-	-	234360	-	-	468720	-	-	468,720
海上・ 内陸運送費	-	50183	-	-	51415	-	-	101598	-	101,598
合 計	519488	196108		603575	198436		1,123,033	394544		
	715,596		184,404	802,011		223,989	1,517,607		408,393	1,926,000

7. 水道施設の維持管理は、地区開発委員会（地方自治体）が総ての責任を負っており、本プロジェクトも地区開発委員会のもとに、以下の体制で維持管理を実施させる必要がある。

- 1) 水道事業の総括を行う水道事業管理者を置く。
- 2) 水道事業管理者のもとに技術面の維持管理責任者として技術課長を置き、その下に工務係および給配水係を置く。工務係は水源から貯水槽までを、給配水係は、主管、枝管および給水栓までの維持管理を夫々担当させる。また事務面の担当課長を置き、その下に庶務係および会計係を置き、維持管理に伴う事務を担当させ、以上の体制で必要な人員は21人である。

維持管理費は、大別して水源井の維持管理費と給配水関係の維持管理費にわけられる。

水源井については、Magweで約17,000千円/年、Promeで約26,000千円/年、給配水関係については約2,400千円/年の経費が必要となろう。

維持管理費の総額の概算は、Magweにおいては、19,200千円/年、Promeにおいては、28,560千円/年である。

この財政支出は、MagweおよびPromeの過去の歳出状況および料金徴収状況から判断すると、地方財政に大きな負担をかけることなく、また将来は地方財政を潤すものと予想される。

8. このプロジェクトの効果は、次のようなものがある。

- 1) このプロジェクトにより、Magweで約61,000人 Promeで約67,000人の住民が、飲料水の供給を十分に受けることができる。
- 2) 飲料水の不足は、都市開発を阻む大きな要因となっていたが、このプロジェクトの成功により隘路打解の道が開けるであろう。
- 3) 無償資金協力対象予定資機材は、このプロジェクトの実施完了後は若干オーバーホールを行えば、他の都市飲料水開発にも資する可能性を持っていることが考えられる。
- 4) 両都市住民の多くは、牛車に載せたドラム缶入の河水を買って生活していたが、水道の布設により家庭において支払われる水価は、将来の使用水量を20 m³/月と仮定すれば、18 Kyats/月程度と予想され、その金額は同量の水を以前の河川水を買った場合の水価200～600 Kyats/月と較べれば、各家庭の支出は大巾に節減されることになる。
- 5) 地下水を水源とする水は衛生的で、従来河川水を直接利用していたため発生していた病気を防ぐことができる。

6) 水道の布設に伴う売水従事者の転業問題が発生するが、この問題解決には、水道施設建設時における直接的雇用及び間接的雇用で対処するとともに水道施設建設後は維持管理要員としての雇用、転業の斡施等が必要で、また水道布設に伴う産業の発展、工場誘致などの波及効果による転業者の吸収なども可能であろうと考えられる。

9. 本プロジェクトが実施された場合には次のような問題がある。

1) Magwe においては、旧水道施設は Irrawaddy 河の表流水を水源としているので、良質の地下水と河川水とを混合配水するため、水質のあまり良くない地区もでてくるので、町内が同一水準の良質の水質の水を配水するよう、旧水道施設の水処理を完全に行うことを早急に実施する必要がある。

Magwe の生産井の位置および数量は、調査井による試掘結果により変更のあることも予想されるので、それに対応して詳細設計の変更を行う必要がおこることも考えられる。

2) Prome においては、今回のプロジェクトと併行して旧水道施設の改修拡張事業が町自身の財政負担で実施されるため同じ町の中に河川水と地下水を水源とする水質の異なる水が供給されることになる。表流水を水源とする旧水道施設は水処理を完全に行い、新水道施設と同一水準の水質とする必要がある。また将来（1991年以降）は両地区の水を相互に融通する体制にする必要がある。

なお、本プロジェクトでの目標年次は1991年としているが、いれ以降の人口増加のパターンとして、南部地域にかなりの人口集中が発生することも予想される。しかしながら、これらの人口増加に対する給水は南部地域の地下水開発だけでは不十分であることも予想され、水文地質的にみて地下水賦存条件の有利な北部地域の地下水開発の必要性が生じてくることが考えられる。

第 1 章 総 論

第 1 章 総 論

1-1 プロジェクトの背景

ビルマ国には、288の主要都市が存在しているが、首都Rangoonおよび古都Mandalayを除くと、その大部分は人口6万人以下の小都市である。

これら小都市における公共水道施設の整備は非常に遅れており、全体の約60%の都市住民は全く公共のサービスを受益できない状況にあり、現在水道施設を保有する都市は63ヶ所に過ぎない。そしてこの63都市の水道施設の殆んどが、都市住民の水需要を十分に満たすだけのサービス機能を持ち合せておらず、住民の一部にのみ供給されていたり、時間給水等の給水制限を余儀なくされたり、さらに給水された水の水質にも問題が多く、その殆んどがビルマ国の水質基準（WHO基準）に適合していないといった状況である。

従って、ビルマ国政府は都市住民の根幹的生活基盤である、飲料水の開発を国の重要な施策の一つとして取り上げ、地下水の開発による水道施設整備計画を推進しようとしている。この計画は、288都市の中から飲料水開発必要順位の高い都市を次の10都市選定し、これらの都市の水道施設を整備しようとするものである。

Name of the town	State/division
1. Thazi	Mandalay Div.
2. Pakokku	Magwe Div.
3. Prome	Pegu Div.
4. Magwe	Magwe Div.
5. Toungoo	Pegu Div.
6. Monywa	Sagaing Div.
7. Shwebo	Sagaing Div.
8. Pegu	Pegu Div.
9. Pyawbwe	Mandalay Div.
10. Pyinmana	Mandalay Div.

こうした背景のもとに、1981年1月ビルマ国政府は、日本国政府に対し上記10都市のうち特に緊急性の高いMagwe, Promeの2都市における水道施設整備事業の実施に必要な資機材の無償資金協力を要請した。これに応じて日本国政府は本調査団を派遣することになったものである。

1-2 調査目的

本調査は次の作業を実施することを目的とした。

- 1) 水道水源としての地下水開発計画の立案。
- 2) 水道施設計画の立案と、事業費の算定。
- 3) 本プロジェクト効果の判定。
- 4) 本プロジェクトの実施に必要で、無償資金協力対象になりうると予想される資機材の仕様、数量表の作成および費用の算定。
- 5) 電気探査から生産井開発に至る事業実施プロセスを解説した地下水開発事業実施のガイドラインの作成。

1-3 調査対象地域

調査対象地域は、ビルマ国を南北に縦断している Irrawaddy 河中流域に位置する Magwe 及び Prome の両都市である。

これらの都市における地下水開発による水道施設整備事業は、今後ビルマ国政府が他都市においても実施を予定している同事業の先駆的役割を果たすパイロット事業として位置づけられているところから、両都市は前述の整備重点都市 10 都市の中から、以下の観点を検討し選定されたものである。

- 気候条件
- 水理地質条件
- 水道施設計画プロジェクトとしての熟度
- 都市機能

上記項目に対する調査対象地域の特徴は、次の通りである。

1) 気候条件

Magwe は年平均降水量 $886\text{mm}/\text{年}$ (45年間平均) で半乾燥地帯に属し、Prome は $1207\text{mm}/\text{年}$ (71年間平均) でモンスーン地帯に属しており、それぞれ半乾燥地帯とモンスーン地帯を代表する都市である。(Fig. 2-2-1-1 参照)

2) 水理地質条件

Magwe は地域全体が Irrawaddy 層群 (容水地層) に属し、Prome は西方にある丘陵地は Pegu 層群 (難～不透水層の基盤) に属しており、Irrawaddy 層群と Pegu 層群を代表する都市である。なお、この Pegu 層群は北方及び東方に沈み、これを覆い

Irrawaddy 層群が分布している。

3) 施設計画の熟度

Magwe, Prome 両都市とも、既に新都市計画が立案されており、新市街化地域の地下水開発による水道施設計画の立案実施は、両都市の重点施策となっている。又、旧市街地における既存水道施設の拡張や補充についても、地区開発委員会 (Township Development Committee) の第 4 次 4 ケ年計画に含まれており、計画の熟度の高い状況にある。

4) 都市機能

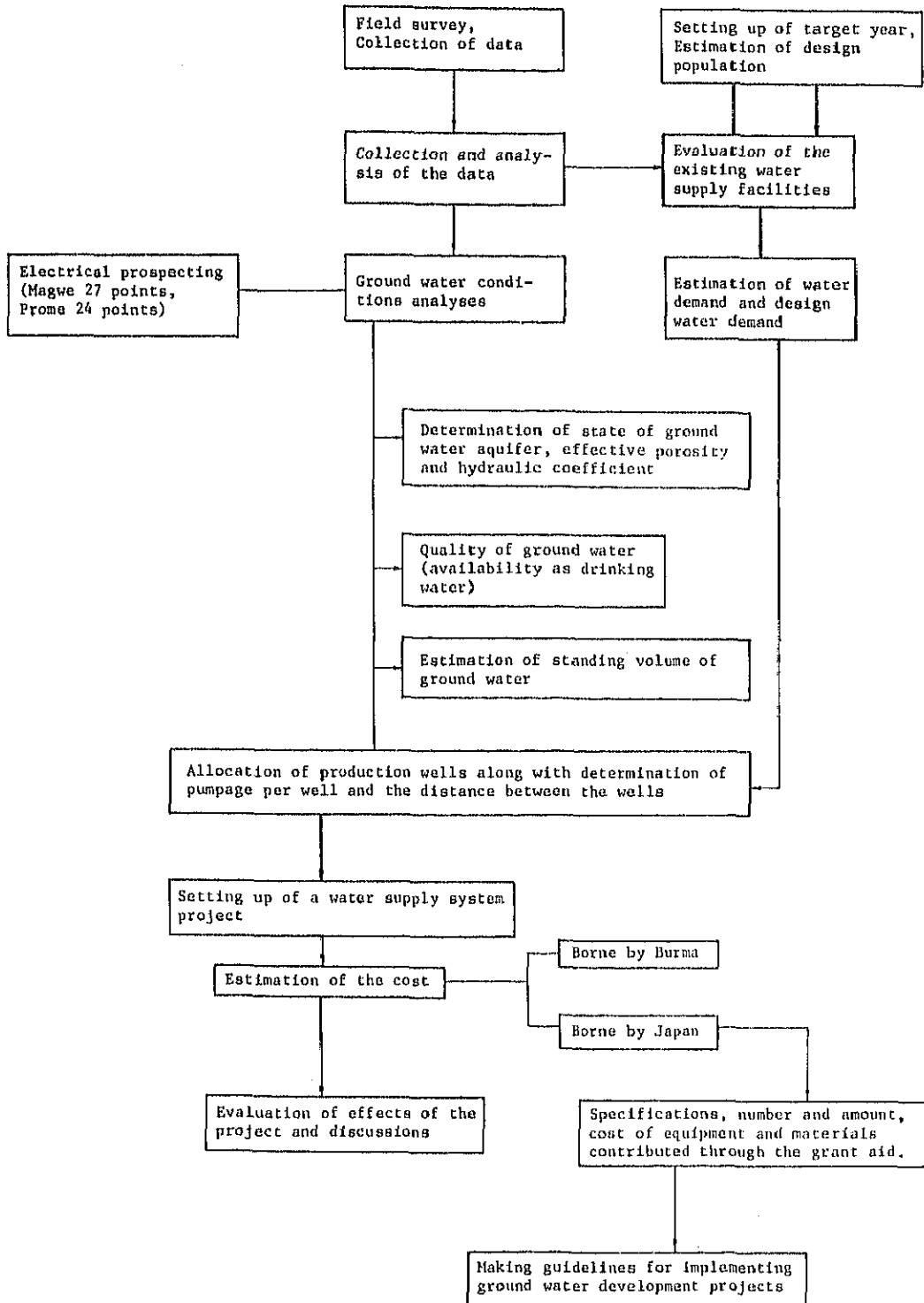
Magwe は面積 8.614 km², 人口 48,933 人 (1981 年)、Irrawaddy 河中流部左岸に位置し、Rangoon 北方およそ 560 km の距離にある。町は Magwe 管区の管区庁所在地として、政治経済の中心地である。

Prome は面積 20.719 km², 人口 78,146 人 (1981 年)、Irrawaddy 河の左岸にあり、Rangoon 北方およそ 240 km の距離にある。町は Pegu 管区に属し、管区北部の重要拠点として付近一帯の経済活動の中心地となっている。

1-4 調査概要

本調査は 1981 年 7 月下旬より 12 月下旬まで約 5 ヶ月間 (1981 年 7 月 28 日より 9 月 13 日までの現地調査を含む) に亘り、図・1-4-1 に示す調査フローチャートに従って実施された。団員名簿調査過程での議事録は付録に収録した。

図・1-4-1 調査フローチャート



第2章 ビルマ国における地下水開発と水道事業

第2章 ビルマ国における地下水開発と水道事業

2-1 ビルマ国の概要

ビルマ国は面積678万km²、モンスーン地帯に属し、人口約3,400万人を擁する多民族国家である。地勢は北方にChin丘陵、東方にShan高原、西方にArakan山脈があり、中央部は低地帯を形成し、その中央をIrrawaddy河が北方より南方に向かって貫流し、その下流域は広大なデルタを形成している。またIrrawaddy河の西方タイ国との国境をSalween河がIrrawaddy河と平行して走っている。

ビルマ国における地下水開発の基礎条件となる水文、地質等自然条件の概要は後述することとし、本項ではビルマ国の社会条件の基盤となる経済情勢を概観し、その趨勢を示すにとどめることとする。

ビルマ経済政策は、1979/'80年度から始まった国の第3次4ヶ年計画が1981/'82年度で終るべく進行中で、続いて第4次4ヶ年計画が1982/'83年度から4ヶ年を対象として策定され、現在この計画もほぼ固りつつある情勢である。

この間、政策の展開に応じて比較的順調な経済成長を示し、この4年間の経済の動向は国内総生産(G.D.P.)で年平均6.7%の成長率を示した。G.D.P.の計画成長率と実質成長率は表・2-1-1の通りである。

表・2-1-1 年度別成長率

年 度	計 画 成 長 率	実 質 成 長 率
1978/'79	5.9%	6.5%
1979/'80	5.9%	5.4%
1980/'81	6.9%	8.3%

出所：ビルマ政府

ビルマ国の経済構造は、農林・水産部門が国内総生産に占める割合が高く、その経済基盤は農業を基礎産業として成立ち、開発の優先順位は農業が第1位である。

主要産業の経済成長率は表・2-1-2の通りで、1980/'81年度の農業成長率が急激に伸びているのが目立っている。

表・2-1-2 主要産業の成長率

部門 \ 年度	1978/'79	1979/'80	1980/'81
農 業	7.7%	5.2%	14.6%
畜産・漁業	6.0%	6.1%	1.4%
林 業	14.3%	6.9%	2.4%
鉱 業	7.7%	12.4%	3.3%
生産・加工業	2.5%	4.0%	11.3%

出所：ビルマ政府

2-2 ビルマ国の水文地質

2-2-1 降水量および蒸発量

ビルマ国は、モンスーン地帯に属し、その位置と海洋からの影響、地勢、貿易風などの諸条件により、国内の降水量と蒸発量はかなりの相違をみせている。

ビルマの気象状況は、雨季（5～10月）と乾季（11月～4月）とに分かれ、内陸地帯は年間を通じて降水量が少なく、半乾燥地帯となり、北部および南部は降水量の多い地帯となっている。

ビルマ気象庁水文部は、水文年報を発行しているが、これに基づく年平均降水量図を図・2-2-1-1に、また気象観測所の位置および年平均降水量を付録に収録した。

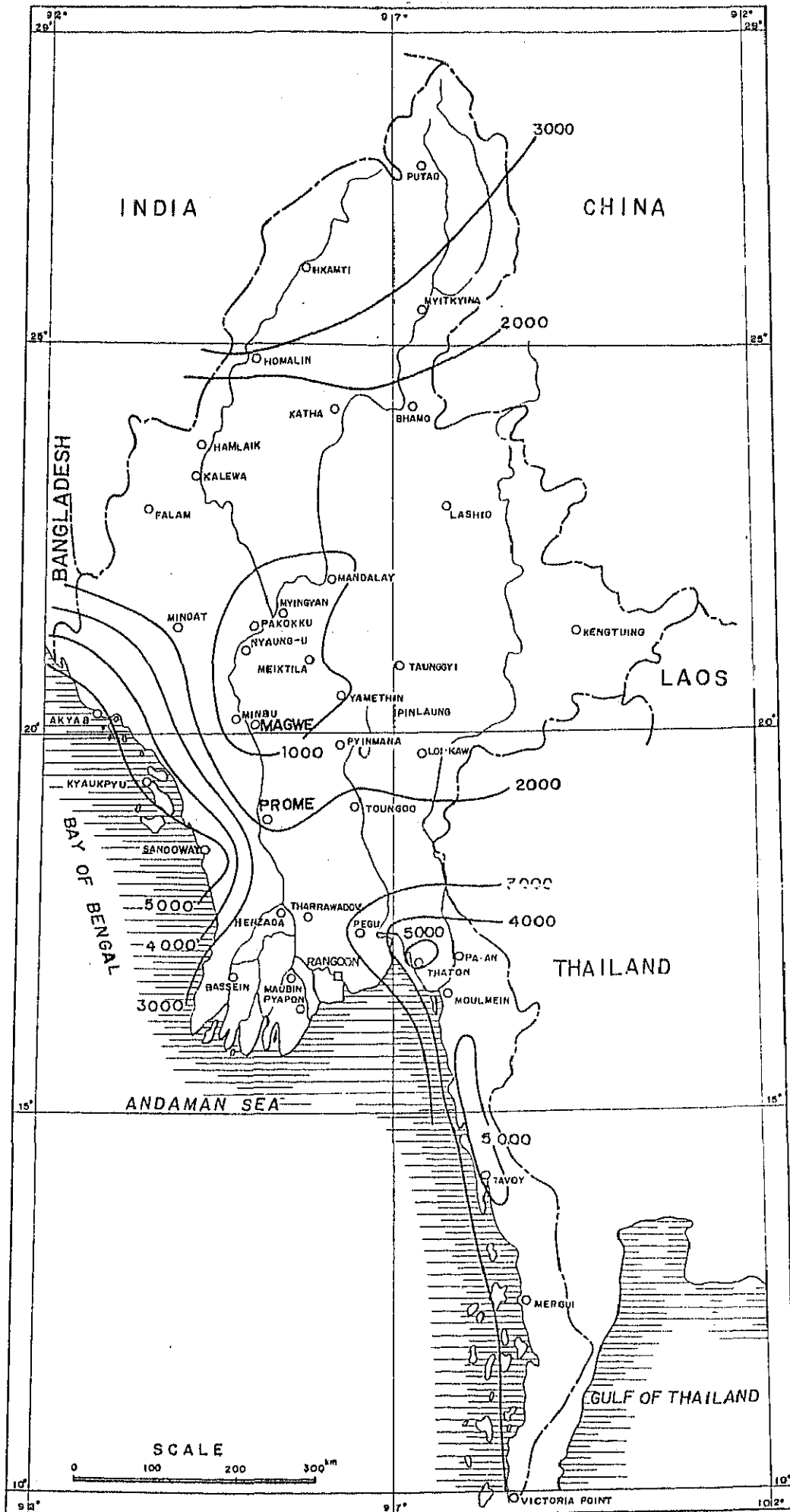
蒸発量は、内陸部で多く、北部と南部では少ない。降水量および蒸発量について、半乾燥地帯の代表的な例としてMandalayを、またモンスーン地帯の例としてPeguを選んで、その比較を表・2-2-1-1に示した。

表・2-2-1-1 半乾燥地帯およびモンスーン地帯の降水量と蒸発量（1974年）
(mm)

都市名	項目 \ 月	月												計
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Mandalay (半乾燥地帯)	降水量	0	0	17	60	203	132	79	93	287	76	87	0	1,034
	蒸発量	90.6	157.9	215.3	239.7	239.5	205.6	212.2	177.9	168.1	159.5	90.8	83.8	2,040.9
Pegu (モンスーン地帯)	降水量	0	0	26	44	54.7	70.2	81.4	70.9	56.1	31.5	4.6	0	3,770
	蒸発量	117.8	122.0	159.9	146.1	131.7	88.7	96.6	103.7	129.6	140.9	97.8	111.4	1,446.2

出所：ビルマ国 気象庁

图·2-2-1-1 降水量分布图(mm)



2-2-2 水理地質

ビルマの地質構造を大観すれば、東部は古期岩層を主体とする Shan 高原で、西部は古第三紀および白亜紀の地層から成る Arakan 隆起帯が南北方向に走っており、この間にある中央低地帯は、その両側を南北方向の構造線で切られ落ち込んだ地溝帯を形成している。中央新生代地層帯がこれである。この地層帯の基盤岩は、漸新世および中・下部中新世の地層（Pegu 層群）で、その上位に上部中新世及至鮮新世の地層（Irrawaddy 層群）が分布し、平野部にはその上を沖積層が被覆している。地質構造概要図は図・2-2-2-1である。

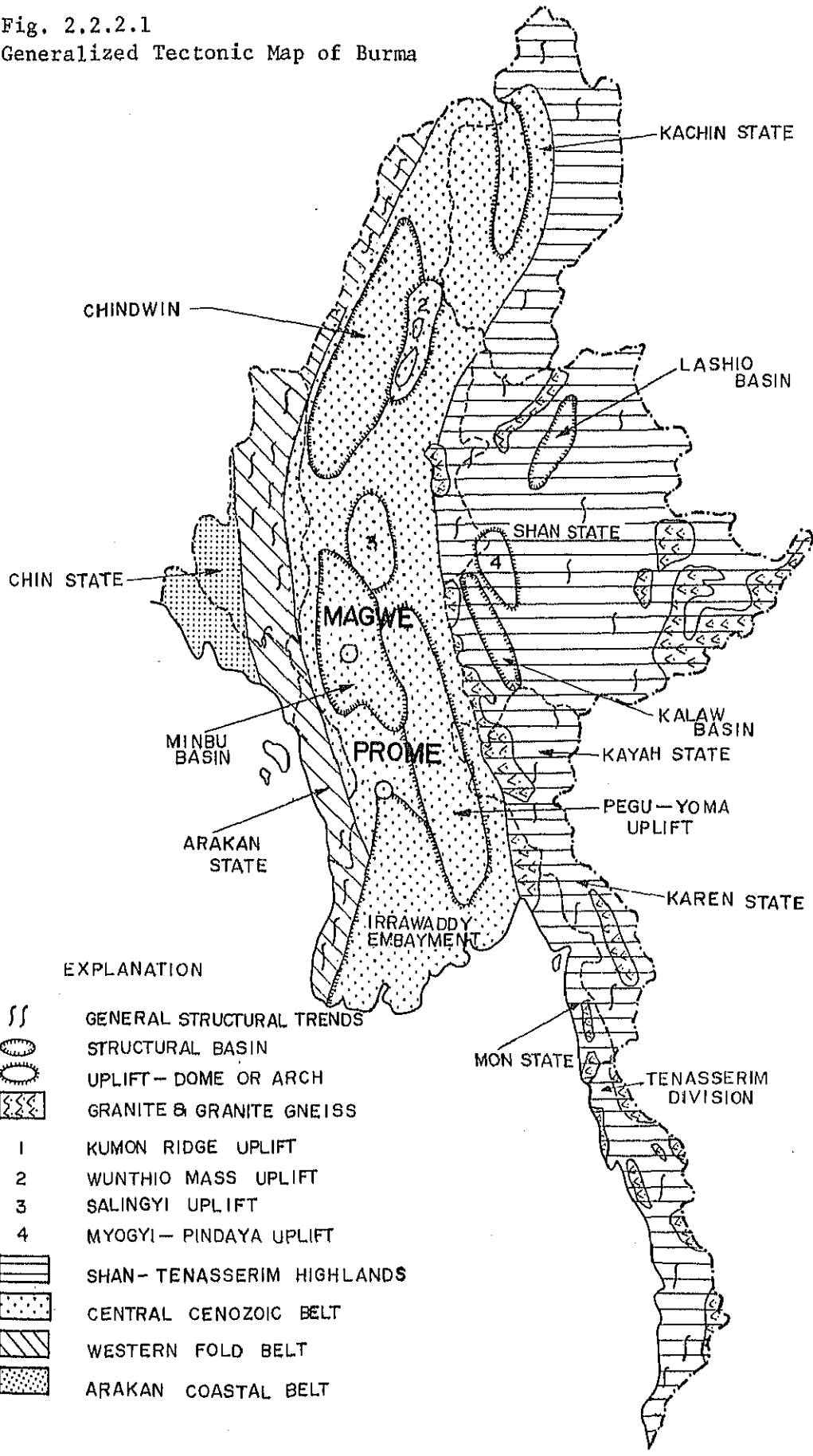
容水地層は Irrawaddy 層群で、本層群はこの国の主要容水地層となっている。この層より下位に属する地層は、裂かまたは断層など特殊の条件にある以外は、地下水を取水することはかなり困難である。

Irrawaddy 層群の層厚は約 3000 m（ビルマ地質図説明書による）と推定されている。本層は砂および粘土の互層型をなすもので、砂質部分が優勢である。その特徴としては、中粒ないし粗粒の砂が多く、石英粒の混った鉄錆色の砂岩となっていることもある。また珪化木を多産する特徴があり同時に多くの陸棲・水棲哺乳動物の化石を産し、これらにより地質時代を同定することができる。Irrawaddy 層群の地質時代は一部第四紀にまたがるが鮮新世の地層が大部分で、一部は中新世上部に属するものもある。この層群と下位層群との関係は常に不整合関係で下位の地層を被覆している。

帯水層の発達状態を大観すると、Irrawaddy 湾入地帯の南部に位置する Rangoon 地区では中粒ないし粗粒の砂層が優勢であり、これに礫が混る地層が帯水層となっている。それは、北方に移るに従い、粘土または砂層の互層型と変り、Irrawaddy 湾入地帯の北端 Prome 地域と、さらにその北方に位置する Minbu 盆地の中央にある Magwe 地域では、地層は互層型となっているので帯水層の発達は、南方の Rangoon 地域に較べてやや劣っている。

图·2-2-2-1 地質構造概念图

Fig. 2.2.2.1
Generalized Tectonic Map of Burma



EXPLANATION

- ⋈ GENERAL STRUCTURAL TRENDS
- STRUCTURAL BASIN
- ⊖ UPLIFT-DOME OR ARCH
- ▨ GRANITE & GRANITE GNEISS
- 1 KUMON RIDGE UPLIFT
- 2 WUNTHIO MASS UPLIFT
- 3 SALINGYI UPLIFT
- 4 MYOGYI-PINDAYA UPLIFT
- ▨ SHAN-TENASSERIM HIGHLANDS
- ▨ CENTRAL CENOZOIC BELT
- ▨ WESTERN FOLD BELT
- ▨ ARAKAN COASTAL BELT

Source: THE GEOLOGICAL MAP OF BURMA
(EXPLANATORY BROCHURE)

2-3 都市水道事業の現況

ビルマ国の都市水道事業は、1979年に初めてRangoon市に水道が布設されたことに始まり、その後多くの町々にも水道が引かれるようになった。1981年におけるビルマの都市人口は約834万人、全人口の約24%を占め、このうち水道の受益者数は350万人、約42.0%である。

しかし表2-3-1に示したように、ビルマにおける都市水道事業は、ここ数年伸びなやみの状況が続いている。都市と農村における水道事業について、1977年から1981年までの推移をみると、給水人口は1977年には両者は略々同数であったが、その後都市水道の給水人口は一向に増加せず、1981年の給水人口は農村の $\frac{1}{2}$ 以下になっている。また都市水道の普及状態は、過去5年間停滞を続け、主要都市288のうち、水道施設をもつ都市は63を数えるに過ぎない。その1人当たり1日平均給水量は、その置かれた地域による差が大きく、半乾燥地帯では5~10ℓ/人/日、それ以外の地域にある中小都市では115ℓ/人/日、Rangoon市では270ℓ/人/日である。またその給水状態をみると、町域の全部に行き渡っていないもの、同一町内の給水区域でも給水量に違いのあるもの、また給水量が少ないために時間給水、隔日給水などの給水制限を余儀なくされているもの、更に水質的には、表流水を水源とするため、水質基準に照らして問題があるものなどが多い。

表2-3-1 都市および農村の水道施設

	1977	1978	1979	1980	1981
1. Population (in millions)					
Urban	7.53	7.72	7.91	8.11	8.34
Rural	24.11	24.64	25.18	25.74	26.33
Total	31.64	32.36	33.09	33.85	34.67
2. Population Served (Existing systems)					
Urban	3.10(.45)	3.15(.46)	3.24(.48)	3.31(.51)	3.50(.52)
Rural	3.33(-)	4.37(-)	5.41(-)	6.45(-)	7.48(-)
Total	6.43(.45)	7.52(.46)	8.65(.48)	9.76(.51)	10.98(.52)
3. Population Served (New Projects)					
Urban	-	-	0.02(-)	0.10(-)	0.15(-)
Rural	-	-	-	-	-
Total	-	-	0.02(-)	0.10(-)	0.15(-)
4. Total Population served					
Urban	3.10(.45)	3.15(.46)	3.26(.48)	3.41(.51)	3.65(.52)
Rural	3.33(-)	4.37(-)	5.41(-)	6.45(-)	7.48(-)
Total	6.43(.45)	7.52(.46)	8.67(.48)	9.86(.51)	11.13(.52)
5. Percent Served					
Urban	41.2 (6.0)	40.8 (6.0)	41.2 (6.1)	42.0 (6.3)	43.8 (6.3)
Rural	13.8 (-)	17.7 (-)	21.5 (-)	25.1 (-)	28.4 (-)
Total	20.3 (1.4)	23.2 (1.4)	26.2 (1.5)	29.1 (1.5)	32.1 (1.5)

Source: R.C.D.C.

2-4 都市水道行政

2-4-1 都市水道行政の現況

都市水道行政は、内務宗教省総務局の監督管理下にあり、その行政組織図を図・2-4-1に示す。

総務局のもとにある3部、即ち開発部、人事部および財務部が直接都市水道行政にかかわり、その下にRangoon City Development Committee (R. C. D. C.), Mandalay City Development Committee (M. C. D. C.) およびその他の地区開発委員会が並列して置かれている。

Rangoon 及びMandalay を含む245の地区開発委員会は総て内務宗教省総務局の監督下に置かれ、水道行政もその一つとなっている。

そして地区開発委員会が、新しく水道を布設する構想を持ち、或は既設水道施設を改良しようとする場合には、総務局にその旨申出を行う。これを受けて総務局は、建設省住宅局へ開発実施調査を行うよう要請を行う。この調査終了後住宅局から総務局が調査報告書を受領した時点において、地区開発委員会が自己資金でその建設費を賄うことが不可能である場合、総務局は、Myanma Economic Bank (国立銀行) に対して地区開発委員会に代って、その工事費の借入を申入れる。

実際の工事実施は、地区開発委員会に代って、建設公社が実施する。また建設工事が終了すると、施設は地区委員会の管理下に置かれ、その運営と維持管理は地区委員会がこれを行う。地区開発委員会は、水道使用者から水使用税または水使用料を徴集し、これを上記費用ならびに借入金の返済に当てる。

以上が通常の地区開発委員会による水道施設を行うに当っての方式である。

2-5 都市水道における外国援助

この国の開発に当っては、外国援助が必要で、都市水道施設事業においても、国際機関及び多くの国々から数々の援助を受けている。

近年、都市への人口の集中は、ビルマにおいても漸く顕著となり、都市開発および都市整備を行うに当り、都市水道施設事業は特に重要視されるようになってきた。

都市水道施設に対する外国援助は、首都ラングーンを始め次のようなものがある。

Rangoon 市のダムによる水道水源拡張計画 (Pugyi Project) は、Asian Development Bank (ADB) の借款と OPEC 基金により財源を賄われ、現在工事中で

1983年に完成する見込みである。

また、Rangoonの配水系統の改修・拡張の技術調査はADBの資金により1979年7月に始まり現在終了している。その結果、このプロジェクトのFeasibilityが確かめられ、今後ADBの借款が行われるもようである。

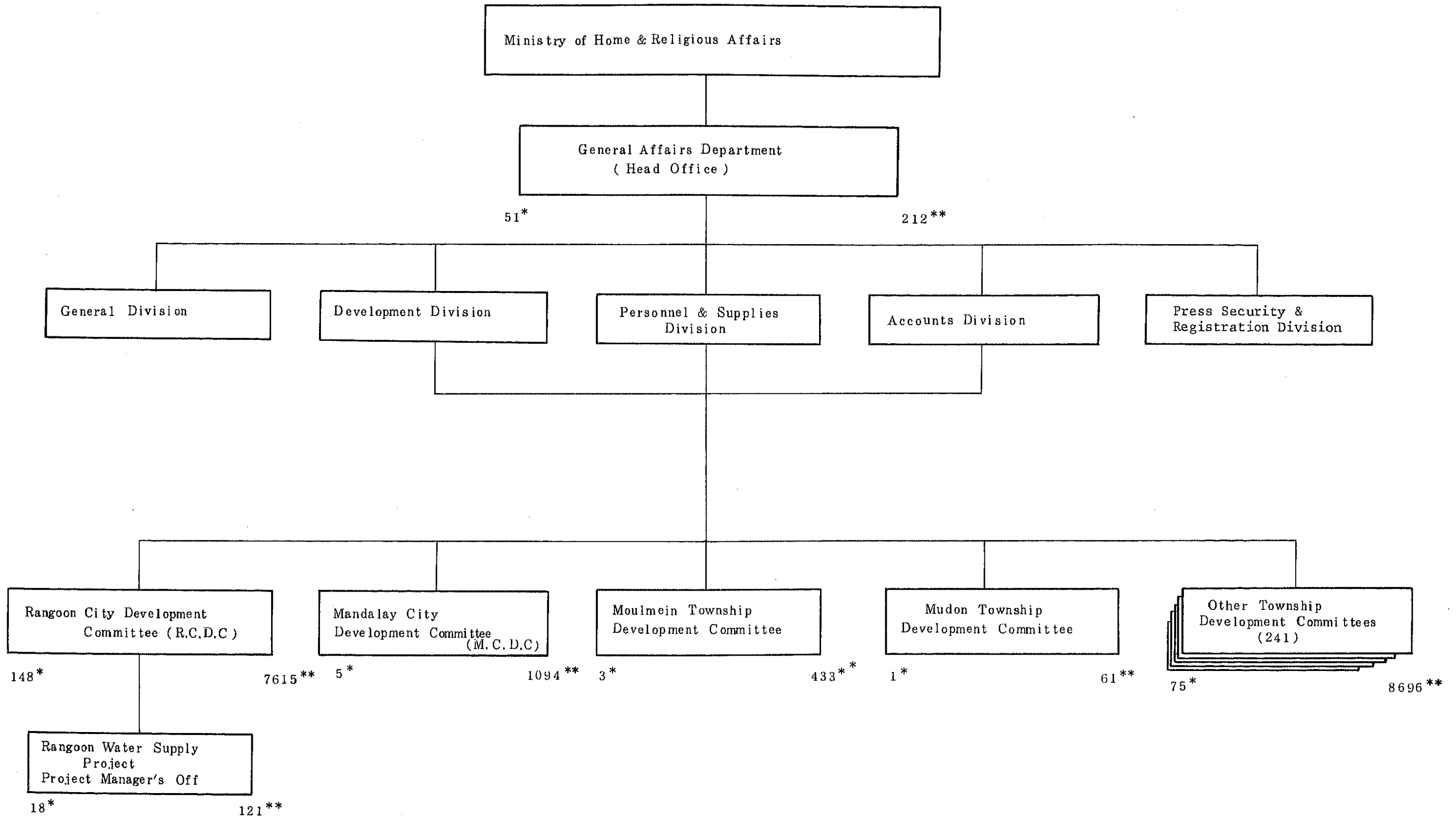
Mandalayの水道施設計画はADBとUNDPのジョイントの技術援助でFeasibility Studyが行われた。この計画は1979年に開始され、ADBはこの計画に借款の供与を行っている。

2都市以外の都市においても、このようなFeasibility Studyは必要なので、UNDPは調査資金の配分を計画している。

またMon州のMudonに近いAzinダムを水源とするMoulmeinとMudonの水道計画がある。Azinダム計画は灌漑局による世界銀行からの借款によるものである。Azinダムの水は、60%は灌漑局により灌漑用水に使われ、40%は水道水源として使用されるものである。この2都市の水道施設計画に対する財政措置は、ダムからの導水費用のみで、配水施設はこれに含まれていない。

日本の無償援助による今回のプロジェクトもまた、都市水道事業における外国援助の一環をなすものである。

Fig. 2-4-1 Organizational Chart of the General Affairs Department

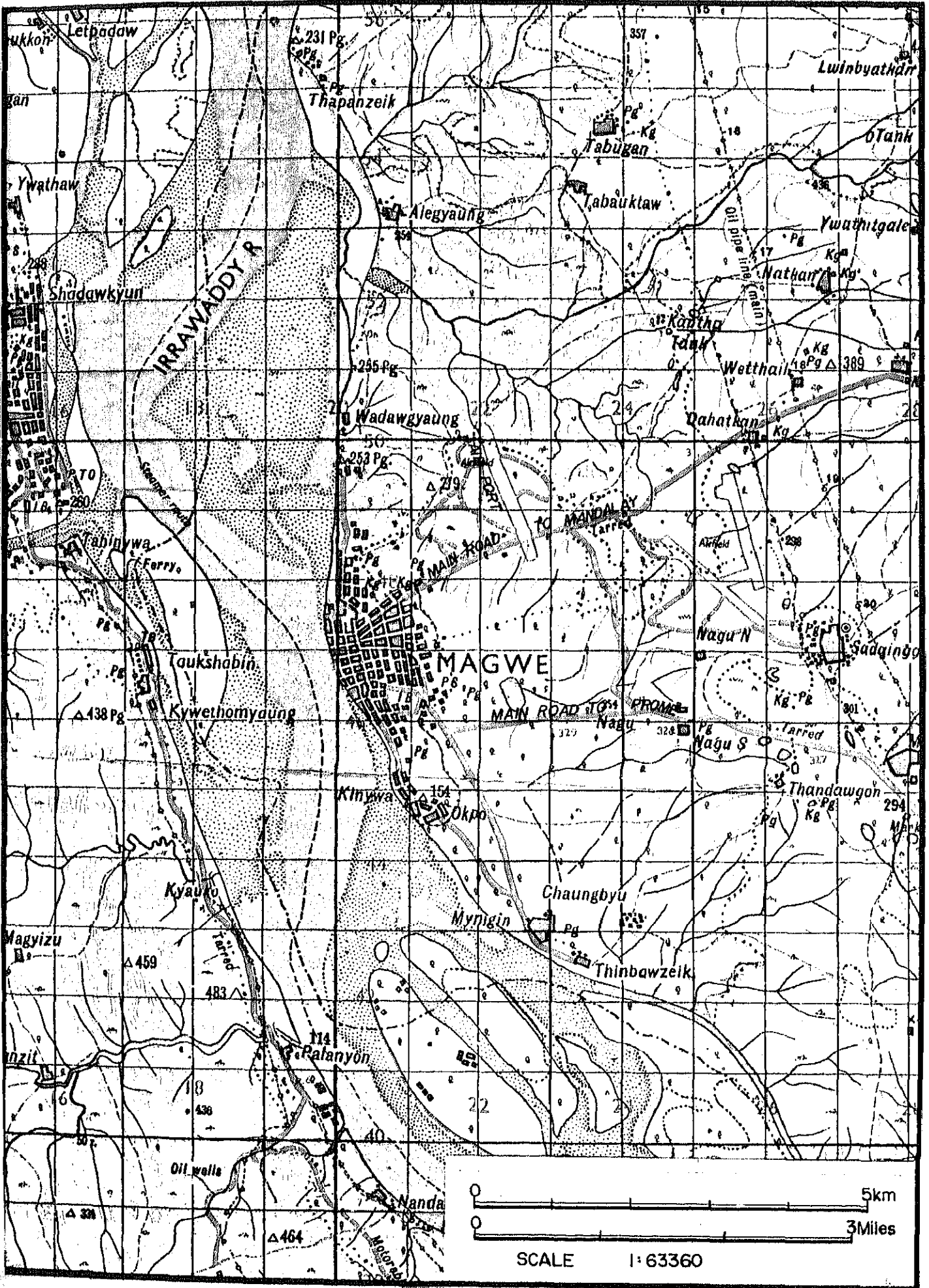


Note * Officers
** Other Ranks

Source : General Affairs Department

第 3 章 マグエ・プロジェクト

MAP OF MAGWE



第3章 マグエ・プロジェクト

3-1 地域の概要

Magwe は内陸部中央低地帯のほぼ中央に位置し、半乾燥地帯に属する。

年平均降水量 886% (45年間平均)、また最大降水量 1406% (1938年)、最小 539% (1972年)である。

また気温の最高は 108°F (42.2°C)、最低は 57°F (13.8°C)である。

Magwe は Irrawaddy 河の左岸にあり、西側は Irrawaddy 河に面し、北方および北東方は標高 80 m をこえる山地である。この山地は市街地の北方においては Irrawaddy 河に急斜面をみせて河に沿って走り、北東方の山地の頂面は台地状をなして緩やかに起伏し、ここに Magwe 飛行場がある。この山地は南西方に向ってなだらかな傾斜をなして市街地へと続いている。市街地の標高は 50 m ないし 60 m で、極く緩やかな傾斜で南西方に傾き西方の Irrawaddy 河に達し、河面へは 10 m 前後の急崖をもって臨んでいる。

Magwe の歴史をさかのぼれば、Magwe 領主時代には、Irrawaddy 河に面した港町に過ぎないかった。続く英国統治時代には小都市の機能をもったが、やはり船運の便以外に交通手段をもたない一地方都市であった。しかし、1948年ビルマ国の独立後、Magwe はビルマ中央部の中核都市として次第に発達し、管区庁の所在地として、船運施設の整備、Rangoon, Mandalay に通ずる幹線道路の敷設、空港の開設等の誘因により、政治・経済特に商業の中心地となってきた。その発展状況は表・3-1-1のように、1972～1978年間に世帯数・人口・面積とも大幅な増加を示している。

表・3-1-1 世帯数・人口・面積・年次表

年	世帯数	人口	面積
1972	7.629	30.058	3.12
1975	9.629	45.158	8.61
1978	10.305	45.845	8.61

出所：ビルマ政府

また近年の年次別推定人口とその伸び率は表・3-1-2の通りである。

表・3-1-2 推定人口と伸び率

年	推定人口	年増加率
1977~'78	40,460	4.7
'78~'79	42,725	4.2
'79~'80	44,733	3.5

出所：ビルマ政府

(ビルマ国全土の平均人口伸び率 2.2% および都市人口伸び率 2.5% に比べてかなり大きい伸び率である。)

Magwe は行政的に 9 区からなり、新市街地は KANTHA-MYINTTHA に設定されている。各区の面積と、1981 年の人口を表・3-1-3 に示す。

表・3-1-3 区別人口と面積 (1981年)

区名	面積	人口
1 MYOHAUNG	0.2511	4,680
2 SONETANA	0.1735	2,263
3 ZAYLESO	0.4556	2,181
4 MYOMAobo	0.1864	1,804
5 SARSHWEKIN	0.6084	5,156
6 YWATHIT-PWEKYO	2.3869	5,410
7 THINGAGIRI	0.9113	11,266
8 KANTHS-MYINTTHA	2.8426	11,532
9 SOKAWMIN	0.7948	4,611
計	8.6106	48,933

出所：ビルマ政府

(新市街地は総面積の 33% を占めているが、現人口は約 23.6% である。)

地区開発委員会は、この新市街地の開発をはじめ、道路その他の建設事業を促進するとともに、特に都市水道施設計画に力を入れ、1982 年から始まる第 4 次 4 ヶ年計画には、日本国政府の無償資金援助による水道布設計画を計上している。(表・3-1-4 参照)

表・3-1-4 第4次4ヶ年計画予算表

Description	1982~'83		1983~'84		1984~'85		1985~'86		1982~'83 to 1985~'86	
	Total	FE Comp	Total	FE Comp	Total	FE Comp	Total	FE Comp	Total	FE Comp
1 Improvement of Existing water Supply system	-	-	-	-	200	100	-	-	200	100
2 New water Supply system (Japanese Grant Aid Project)	100	40	300	120	50	20	50	20	500	200
3 Road Constru- ction	70	90	-	-	-	-	200	100	290	190
4 Other Constru- ction	1000	-	150	-	150	-	-	-	1300	-
5 Water Dispo- sal	-	-	-	-	-	-	110	-	110	-
6 Office Equip- ment	-	-	-	-	20	-	-	-	20	-
TOTAL	1190	130	450	120	420	120	300	120	2420	490

出所：ビルマ政府

Magwe の財政は表・3-1-5 に示すように、その収支バランスは、町の発展に伴い、比較的安定の様相をみせている。

表・3-1-5 収支バランス (kyats)

年	収 入	支 出	バ ラ ン ス
1978~'79	988,590	606,503	+ 382,080
1979~'80	1,152,546	752,986	+ 399,560
1980~'81	1,267,306	957,050	+ 310,256

出所：ビルマ政府

3-2 水道事業の沿革

Magwe の水道は、第二次世界大戦前、Irrawaddy 河岸に掘られた数本の井戸を水源とした小規模な施設であったが、この施設は大戦中に破壊されて、その後 20 年間水道施設は存在していなかった。

戦後、人口増加に伴い、水道布設に対する要望にこたえて、ビルマ国は 1961 年、タハール (TAHAL LTD. WATER PLANNING ; ISRAEL) にこの町の水道供給計画の Feasibility Study を実施させた。

この報告では、水源を地下水と Irrawaddy 河表流水にした場合の 2 ケースについて比較を行い、経済的、衛生的理由から、地下水開発による水道供給計画を推薦している。

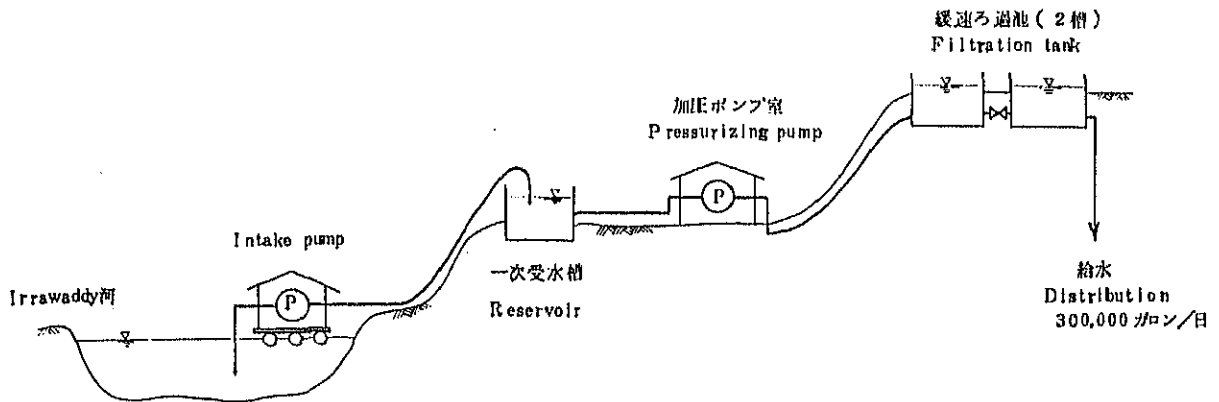
しかしこの計画は、国家予算の関係で実施されるに至らなかったため、町では Irrawaddy 河を水源とする水道施設を計画し、1964~1965 年の間に、ディーゼルエンジン 2 台、モーターポンプ 1 台、集水タンク (11,260 ガロン) 及び 125,000 ガロンの容量を持つ、緩速ろ過池を建設し現在に至っている。

しかし、本施設は 17 年前に建設された施設であり、その供給量は、近年周辺地域からの人口流入による人口の急増のため、必要とする水需要量にはるかに及ばない現況となっている。現有施設による給水は、現在人口 48,000 人に対し、その 3 割に当る 16,000 人が受水しているにすぎない。このように絶対的供給量が不足しているため、給水は隔日給水で、しかも朝か夕方のみ 1 日 1 時間のみである。また給水地域を対象別にみれば、北部高台地域では水頭不足のため 1 日 1 時間の給水さえ満足ではない。

このように給水量の不足している地域や水道施設のない地域では、雨水を貯水したり、また Irrawaddy 河の表流水をドラム缶に詰め、これをのせた牛車 (Bullock cart) から買水したり、或いは私有の小孔径管井からの買水に頼っているのが現状である。また一方、出火時には消火用水も確保できないため、一回の出火が町の大半を焼失させるような災害を与えたこともあり、住民が火事に対し、神経質になっていることも見逃せない。

既存の水道施設の概略図および現況を、図・3-2-1、表・3-2-1 に示した。また、既設埋設管網図を図・3-2-2 に示し、写真・3-2-3 には、牛車 (Bullock cart) 及び水タンク車を掲げた。

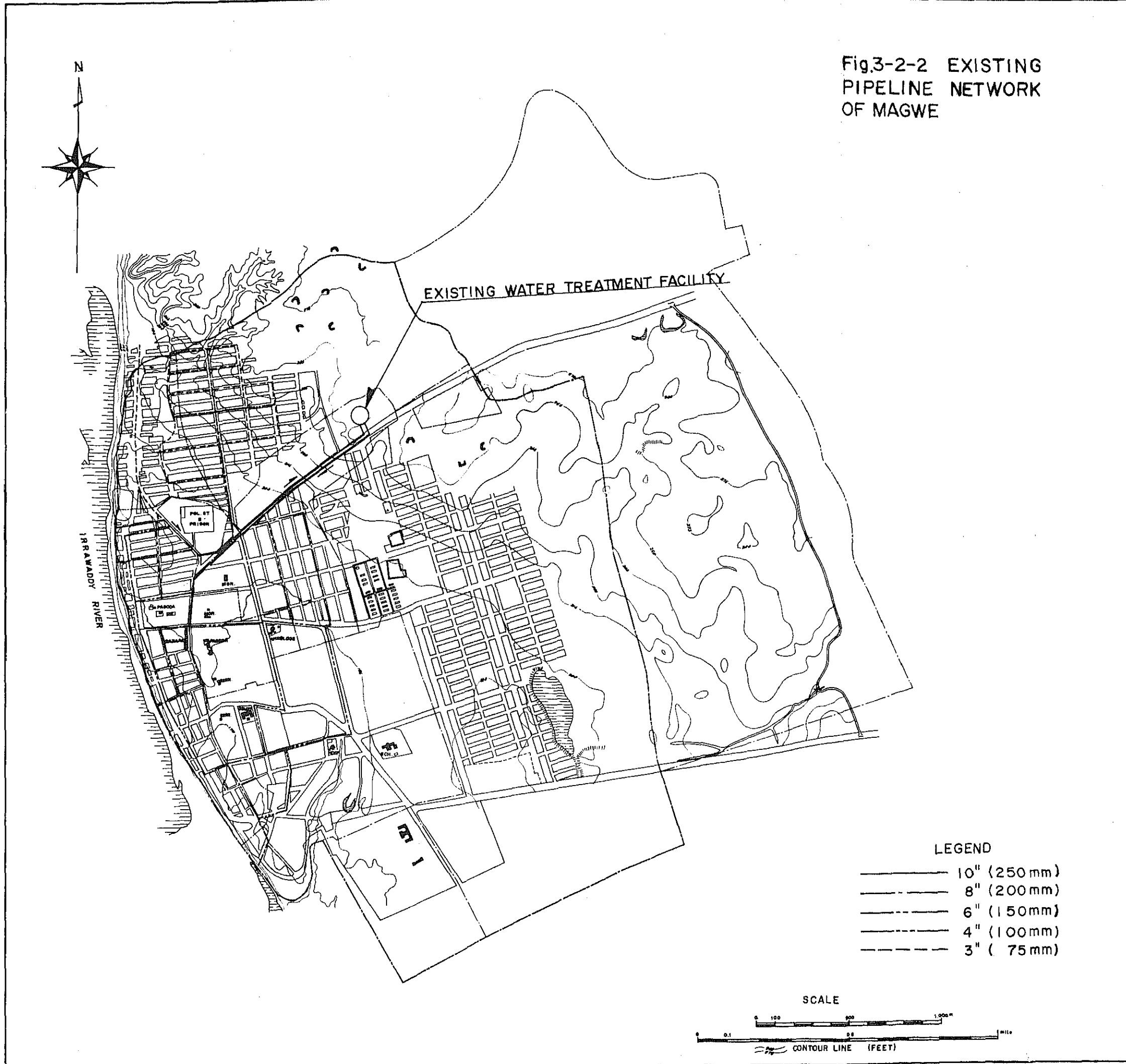
図・3-2-1 既存水道施設の概略図

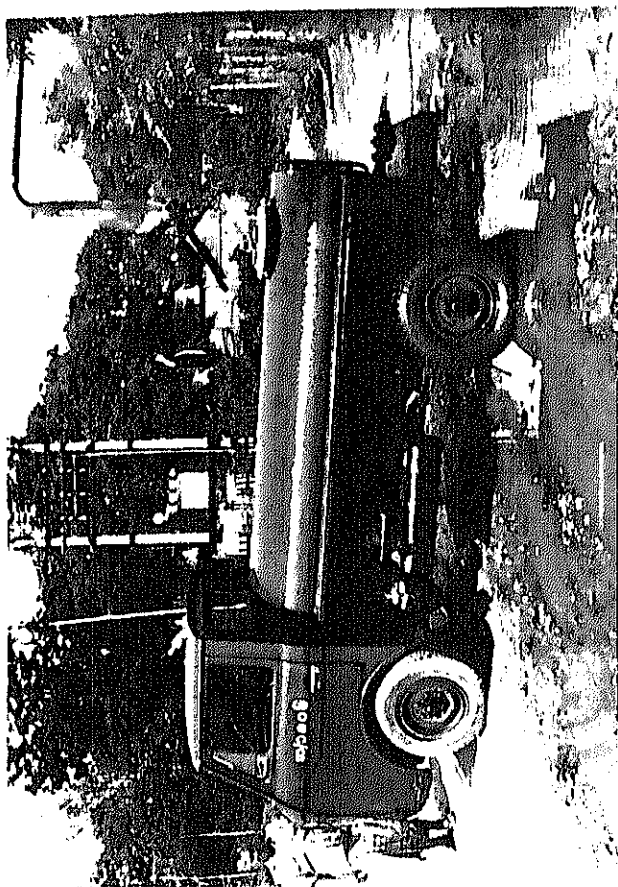


表・3-2-1 水道の現況 (1980年)

項目	内容	備考
面積	3.32 sq miles	8.61 sq km
人口	47,882 人	
1日当り給水量	300,000 gallons	1,365 m ³
公共施設への給水量及びロス	50,000 "	228 "
給水人口	16,000 人	
1日当り実給水量	250,000 gallons	1,137 m ³
1人1日当り給水量	15.62 "	71 ℓ
公共水道栓	130 個	
消火栓	50 個	
水道料金 公営住宅 一般家屋 (ø½%)	4 % 12 kyats/月	年間レンタル料に対する比率 360 円/月
水道料金による収入	130,928 kyats/年	3,930 千円/年
水道施設の運営費	101,332 "	3,040 "
純益	29,596 "	890 "
既設配管		
10" (ø250 mm)	8,574 ft	2,600 m
8 (200)	1,843 "	600 "
6 (150)	18,205 "	5,500 "
4 (100)	12,462 "	3,800 "
3 (75)	13,602 "	4,100 "
TOTAL	54,686 ft	22,600 m

Fig3-2-2 EXISTING
PIPELINE NETWORK
OF MAGWE

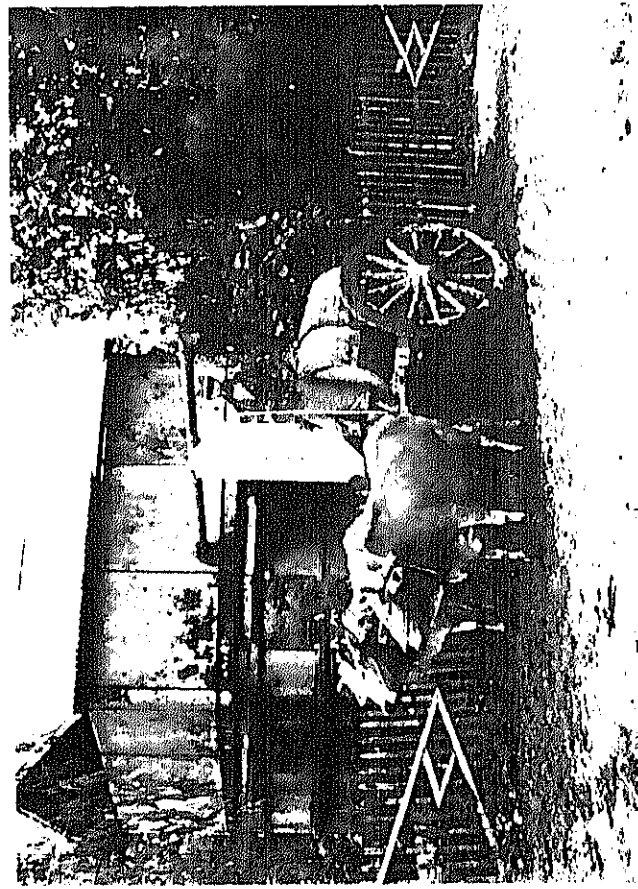
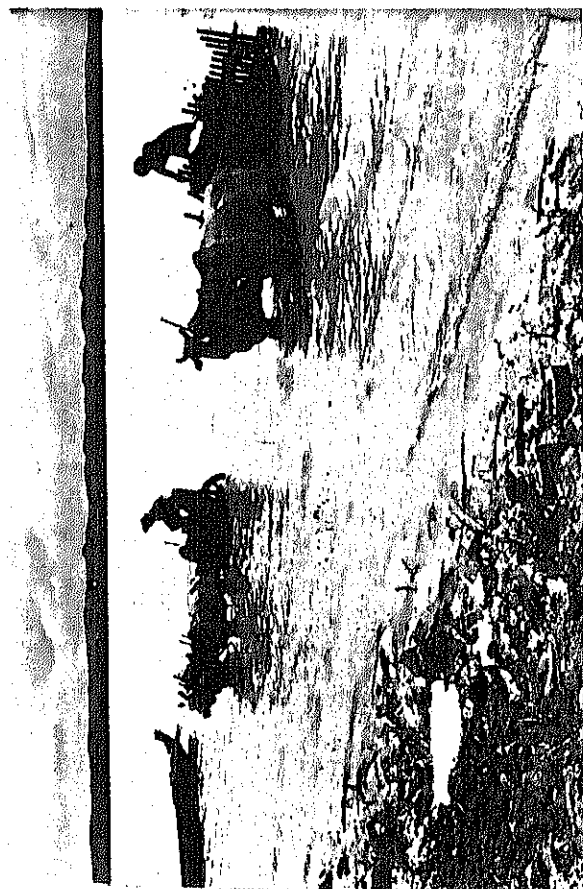




左下：イラワジ川の表流水を40 gal. 入ドラム罐に汲み入れ、これを Bullock cart に載せて売水する。

左：イラワジ川表流水を一旦汲み上げ貯水し、これから Bullock cart に給水して運ぶ。

上：イラワジ川から離れた地区には、水タンク車に、貯水した表流水を入れて売水する。



3-3 水道計画の策定

3-3-1 計画対象区域

Magwe 中心部では、周辺地域からの人口流入が問題となっており、Magwe 開発委員会 (Magwe township Development Committee) は東方丘陵地に人口分散を目的とした新市街地の建設を急いでいる。

Magwe 開発委員会より提示された土地利用計画図を利用目的別に分類すると、次の4地区に大別できる。(図・3-3-1-1参照)

A地区；既存市街区域

B地区；農耕地および倉庫等の低人口密度区域(軽工業区域)

C地区；新市街地を含む計画住居区域

D地区；非住居区域

これら地区を水の使用量により分けすれば、AおよびC区域は大消費区域であり、B区域は小消費区域である。

なお、利用目的別面積比を図・3-3-1-2、行政区域図を図・3-3-1-3に示し、各区の面積と人口は表・3-1-3に示した。

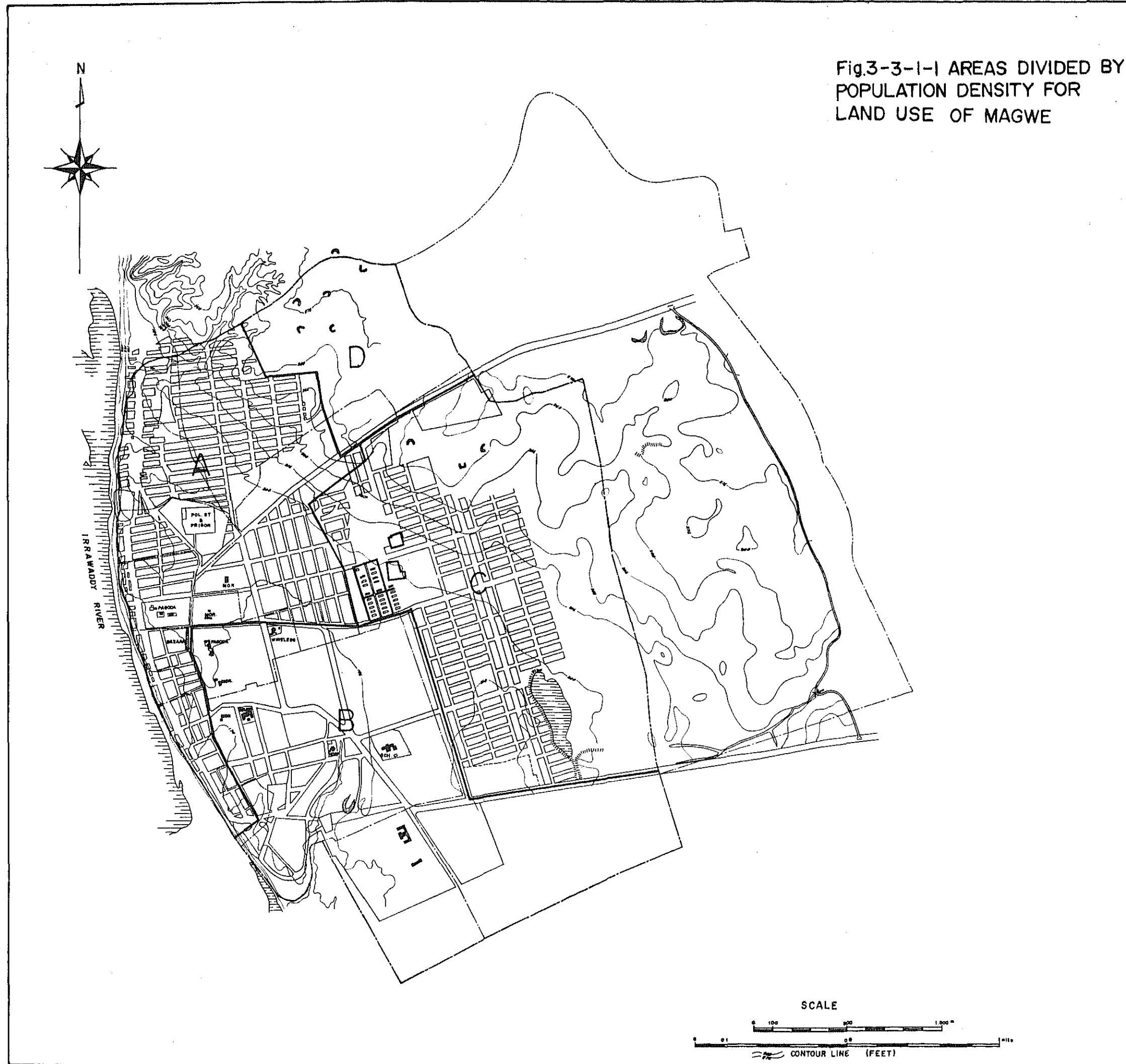
計画対象地域は、Magwe プロジェクトにおいては、9行政区のうち、さきに示した利用目的別区分図(図・3-3-1-1)によるD地区を除くA、BおよびC地区が計画給水対象区域となる。

3-3-2 計画給水人口

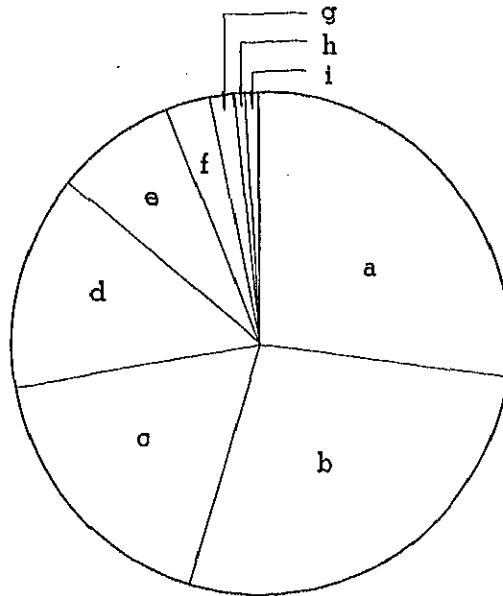
目標年次は10年後の1991年に設定した。

計画給水人口は表・3-3-2-1に示すとおり、60,834人である。これは1978年に行われた国勢調査の統計結果をもとに推計したものであるが、入手したデータではMagwe独自の伸び率を設定することが困難であったため、全国平均伸び率の2.2%によって算定した。

Fig.3-3-1-1 AREAS DIVIDED BY
POPULATION DENSITY FOR
LAND USE OF MAGWE

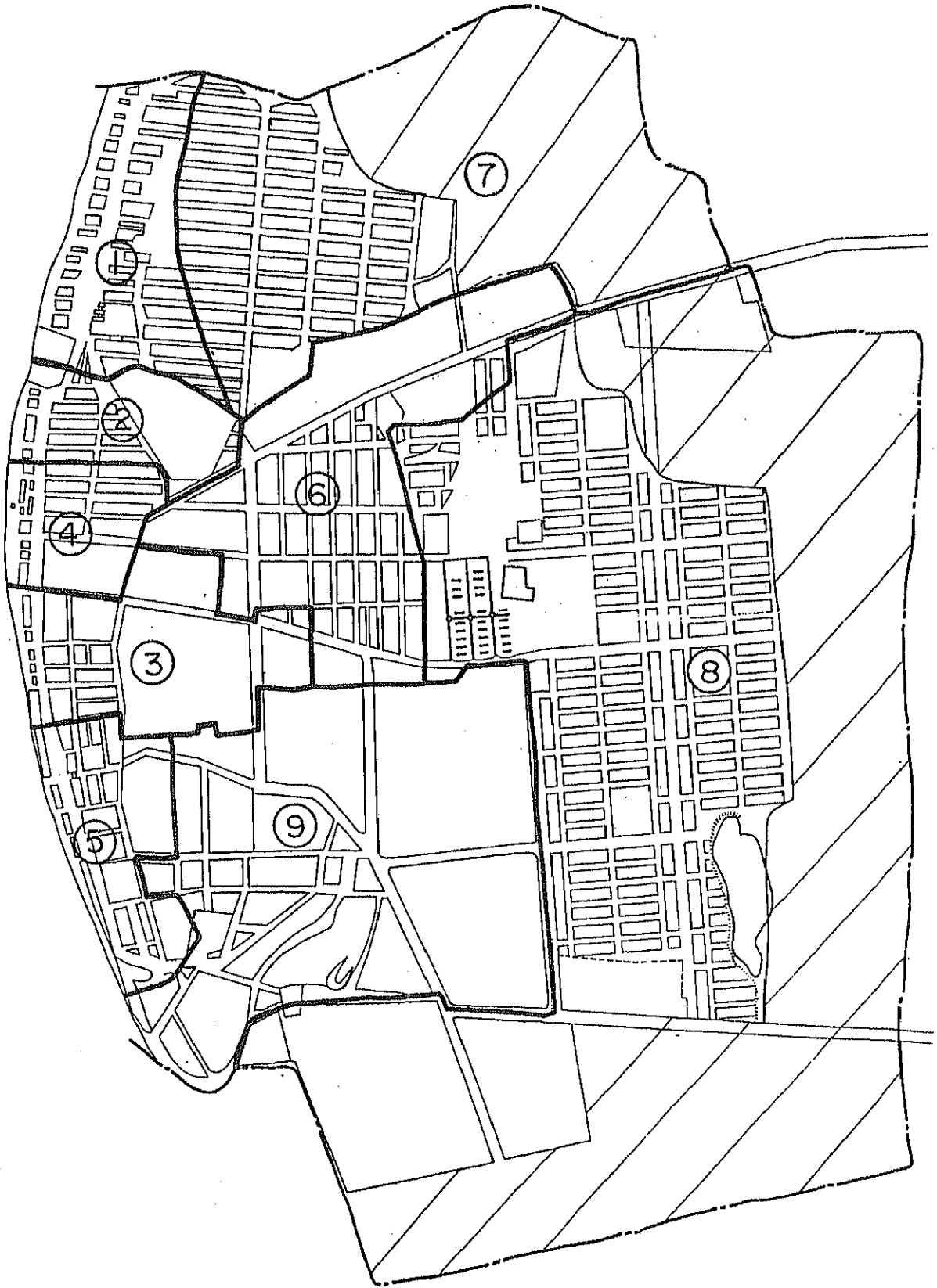


図・3-3-1-2 magwe における土地理用率



a)	Rice and Sesame field, etc.	28.38 %
b)	Residential Area	27.42 %
c)	Godown	17.39 %
d)	Cemetery, Garden and Park	14.32 %
e)	Religious Center	6.28 %
f)	Commercial Places	3.29 %
g)	Industrial Areas	2.19 %
h)	Governmental Buildings (Offices, School, Hospital and Governmental Buildings)	0.45 %
i)	Pond and Creeks	0.27 %

図・3-3-1-3 magwe における“区”の区分



表・3-3-2-1 計画給水人口の推計

地区名	年度		
	1978	1981	1991
1. MYOHAUNG	3,488	4,680	
2. SONETANA	2,120	2,263	
3. ZAYLESO	2,043	2,181	
4. MYOMAORO	1,690	1,804	
5. SARSHEKIN	4,830	5,156	
6. YWATHITPWEKYO	5,068	5,410	
7. THINGAERA	10,555	11,266	
8. KANTHA-MYINTTHA	10,803	11,532	
9. SOKAWMIN	4,348	4,461	
Total	45,845	48,933	60,834

出所：ビルマ政府資料より試算

3-3-3 計画給水量

計画給水量は、計画目標年における生活用水、商業用水および消火用水等の水需要量の総和である。

Magwe プロジェクトは現在 Irrawaddy 河表流水を水源とする既存施設からの給水も使用可能であると考え、これを統合した給水計画を行うこととした。

従って、新施設からの計画給水量は総需要水量から、既存施設による可能給水量を差し引いた値となる。

水需要の内訳は下記のとおりであり、計画諸元および計画給水量を表・3-3-3-1にまとめた。

a) 生活用水

生活用水 = 計画 1人 1日 最大給水量 × 計画給水人口

$$= 0.195 \text{ m}^3/\text{人}/\text{d} \times 60,834 \text{ 人}$$

$$= 11,863 \text{ m}^3/\text{d}$$

b) 商工業用水および消火用水

現在、町には大量消費型産業はほとんどなく、土地利用計画においても将来、これらの開発的要素は見られないため、ここでは商工業用水および消火用水は $1000 \text{ m}^3/\text{d}$ とした。このうち消火用水量は $144 \text{ m}^3/\text{d}$ である。($20 \text{ l/s} \times 2\text{hrs} \times 1\text{回}/\text{d}$)

c) 1日当り最大給水量

$$a + b = 11,863 + 1,000$$

$$= 12,863 \text{ m}^3/\text{d}$$

d) 既存施設による可能給水量

$$1,365 \text{ m}^3/\text{d} \quad (\text{表} \cdot 3-3-3-1 \text{ より})$$

e) 新施設による計画給水量

$$12,863 \text{ m}^3/\text{d} - 1,365 \text{ m}^3/\text{d} = 11,498 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\div 11,500 \text{ m}^3/\text{d}$$

表・3-3-3-1 計画諸元および計画給水量

項 目	内 容	備 考
① 既存人口 (1981)	48,933 人	
② 計画人口 (1991)	60,834 人	
③ 計画1人1日平均給水量	150 ℓ	
④ 計画1人1日最大給水量	195 ℓ	③ × 1.3 ※
⑤ 1日最大計画給水量	12,863 m ³ /d	
生活用水	11,863 m ³ /d	
そ の 他	1,000 m ³ /d	
⑥ 既存施設による可能給水量	1,365 m ³ /d	
⑦ 新施設による計画給水量	11,500 m ³ /d	

※ 1.3 は1人1日平均給水量に対する負荷率

3-3-4 水源計画

計画給水量に対する水源は、Irrawaddy河表流水および地下水が考えられる。

Irrawaddy河表流水には懸濁物が多く、また懸濁物の量は季節的変動が激しく完全な水処理はむずかしいと考えられる。本プロジェクトの給水計画量では、11,500 m³/日（既設給水量の8.4倍）の水処理が必要になり、設備や維持管理に多額の費用と技術を要するなど、表流水を水源とするときは問題点が多い。

一方、地下水は、地域全体がIrrawaddy層群（容水地層）であり、水質的にも水道水に適しており、地下水を水源とするときは、その設備および維持管理などにも、有利な面が多い。

本プロジェクトにおいては、現地踏査に始まる一連の調査を行い、これらの結果に基づいて、水源は地下水開発によることとした。

3-4 地下水開発計画

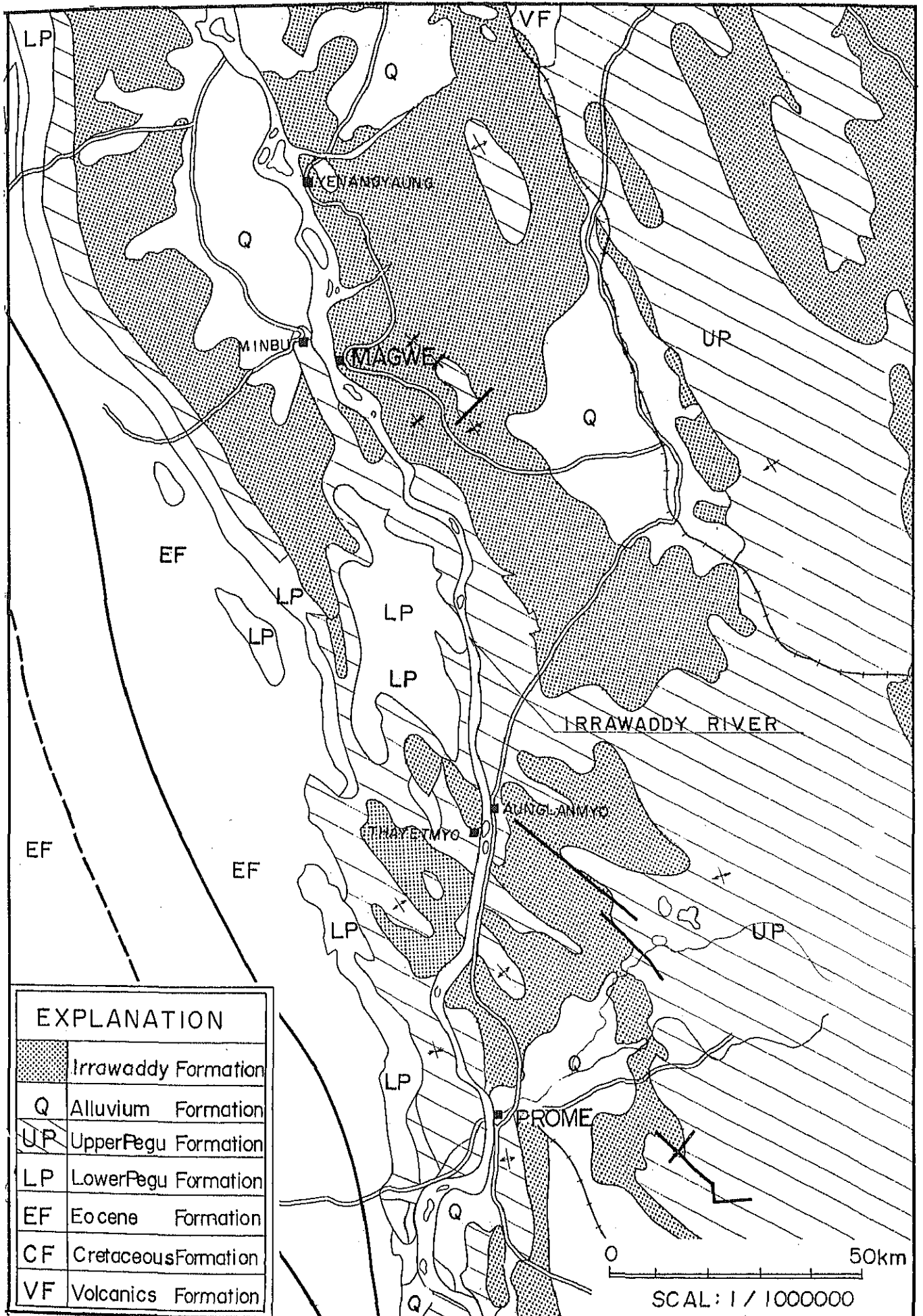
3-4-1 水理地質概要

Magwe は構造地質的に、中央第三紀層分布帯の Minbu 構造盆地の中心部にある。この Minbu 盆地は Pegu 層群と Irrawaddy 層群の分布地帯である。

Pegu 層群は、Irrawaddy 河を挟んで Magwe の対岸にある Minbu および Magwe の東方にあり、共に南北を軸とする背斜構造を持ち、Magwe の少し東方には向斜軸が南北に走っている。Magwe - Prome 付近の水理地質図を図・3-4-1-1 に示す。

巨視的にみれば、Magwe は Minbu 構造盆地の最も沈んだ地域であるが、Magwe に分布する Irrawaddy 層群は両翼を Pegu 層群により囲まれているので、Irrawaddy 層群の分布範囲は限られ、従って帯水層の発達および地下水の賦存も限られるので、Magwe 地域は地下水の豊富な地帯であるとは言い難い。

図・3-4-1-1 magweおよびPrme 周辺の水文地質図





3-4-2 帯水層

容水地層のうち、特に透水性の優れた地層部分を揚水対象地層とし、これを帯水層と言うが、この賦存状態即ち深度・厚さ・拡がりおよびその連続状況などを把握するために、既存資料の分析、既設井調査および電気探査を実施した。

電気探査は、今回実施したものおよびタハール報告書のものがある。

タハールは、42測点を実施し、 $\rho-a$ 曲線は代表的なもの4点を載せているが、比抵抗断面は記載されていない。

今回行った電気探査は東西方向に3測線、27測点(測点間隔400m)、ウェンナー4極法による垂直探査を実施した。(写真・3-4-2-1参照)測点配置図は図・3-4-2-1に示した。電極間隔は次の通りである。

a	1~10m	10~32m	32~72m	72~152m	152~200m
電極間隔	1m	2m	4m	8m	16m

探査結果による $\rho-a$ 曲線は付録に、また比抵抗断面図は図・3-4-2-2、図・3-4-2-3に示す。

これらの結果より比抵抗層は上部より4層に大別される。

第1層；10~200 Ω -mの比抵抗値が得られ、非帯水層の表土および砂・粘土の堆積物である。

第2層；100~200 Ω -mの比抵抗値が得られ、砂および小礫を主とし、若干の粘土層を挟む透水層と考えられる。

第3層；50~100 Ω -mの比抵抗値が得られ、砂および小礫と粘土との互層帯と考えられ、透~難透水層と思われる。しかし、この区分でも地域によっては10~30 Ω -mの比抵抗値のところがあり(A-A'とE-E'断面)、この層はやや粘土を挟在する割合が大きく、帯水状況も良くない難透水層である。

第4層；10~20 Ω -mの比抵抗値が得られ、難~不透水層と考えられ、粘土を主体とする地層と推定される。

この調査結果から、帯水層は比抵抗値が50 Ω -m以上の地層中にあるものと推定される。

しかし、断面図で難透水層として表わした比抵抗値の低い地層に於ても、測点27(D-D'断面の Magwe カレッジ)のように、帯水層が存在し、揚水も行われている例もある。

る。なお、井戸柱状図は付録に収録した。

次に収集した既設井のデータを表・3-4-2-1に示した。この資料によれば、井戸深度は100m以浅のものが多く、帯水層は中粒ないし粗粒砂、または、これに礫の混った地層である。

電気探査において透水層としたものは、帯水層の発達の良い地層と考えられる。電気探査の結果による透水層および難透水層の分布深度、即ち地下水が賦存する帯水地層の下限深度は概ね100m前後である。

また、帯水層から地下水を揚水する場合、Magweは半乾燥地帯のため、浅層の地下水には塩分濃度が高い場合もあるので、30m以浅の地下水は原則として採水の対象外とする。

帯水層の厚さは、既設井においては10~20mと判定されたが、これら既設井より深い井戸の場合、帯水層の厚さも厚くなるものと考えられ、この地区の帯水層厚を20mと推定した。

帯水層の常数はMagweの既設井の資料に揚水試験データがないので、Magweと同じIrrawaddy層群の分布するRangoon北部で行なわれた揚水試験データを参考にして透水係数を推定する。(表・3-4-2-2参照)

MagweとRangoonに分布する地層は同じIrrawaddy層群に属するが、その距離は350km離れているので、堆積環境はかなりの相違がある。一般的に、沈降盆地においては中心に近づく程細粒の堆積物が多くなる傾向にあり、従って、Magweの地層はかなり細粒の物質(細砂ないし粘土)が多くなり透水性も低くなる。一方Rangoon北部はIrrawaddy湾入帯の南部に位置し粗粒の堆積物が多く、表・3-4-2-2に示す透水係数の範囲は $8.78 \times 10^{-3} \sim 1.73 \times 10^{-2} \text{ cm/S}$ であり、その平均値は $1.06 \times 10^{-2} \text{ cm/S}$ となっている。この数値は第三紀層の砂層としてはかなり高い透水係数の値を示しており、日本の洪積層の値に近く、日本の第三紀層の値($1 \times 10^{-3} \text{ cm/S}$)の10倍の数値である。

従って本プロジェクトでは、Irrawaddy層群の分布状態、帯水層の状況および水位降下量などをRangoonと比較して考察し、更にIrrawaddy層群が第三紀層であることを勘案して、Rangoonと日本の第三紀層の透水係数の中間値をとり、Magweの透水係数を $5 \times 10^{-3} \text{ cm/S}$ とした。

以上の観点に基づき、地下水を取得するに当たり、帯水層の厚さ、透水性および連続など

高粘性帯水層

の発達状況から推察して、相当量の地下水を採水し得ると判断された地域を、生産井掘さく予定地域として、生産井地域と称し、またその地域の帯水層の下限深度を平均110 m、厚さを20 m、透水係数を $5 \times 10^{-3} \text{ cm/S}$ と推定した。

表・3-4-2-2 Rangoon 北部における揚水試験結果

井戸名	深度 (m)	孔径 (mm)	帯水層厚 (m)	静水位 (m)	揚水量 (m^3/min)	水位降下量 (m)	比湧出量	透水係数 cm/sec	帯水層粒度
1	102	200	20	16.5	0.909	3.45	19	8.38×10^{-3}	中粒砂
2	138	200	20	16.5	0.818	1.32	45	1.19×10^{-2}	中粒~粗粒砂 小礫混り
3	102	200	20	16.1	1.136	1.65	50	1.73×10^{-2}	#
4	69	200	14	3.1	1.363	6.25	15.7	1.2×10^{-2}	細粒~中粒砂

出所：R. C. D. C.

Fig.3-4-2-1 ELECTRICAL SURVEY & EXISTING WELLS OF MAGWE

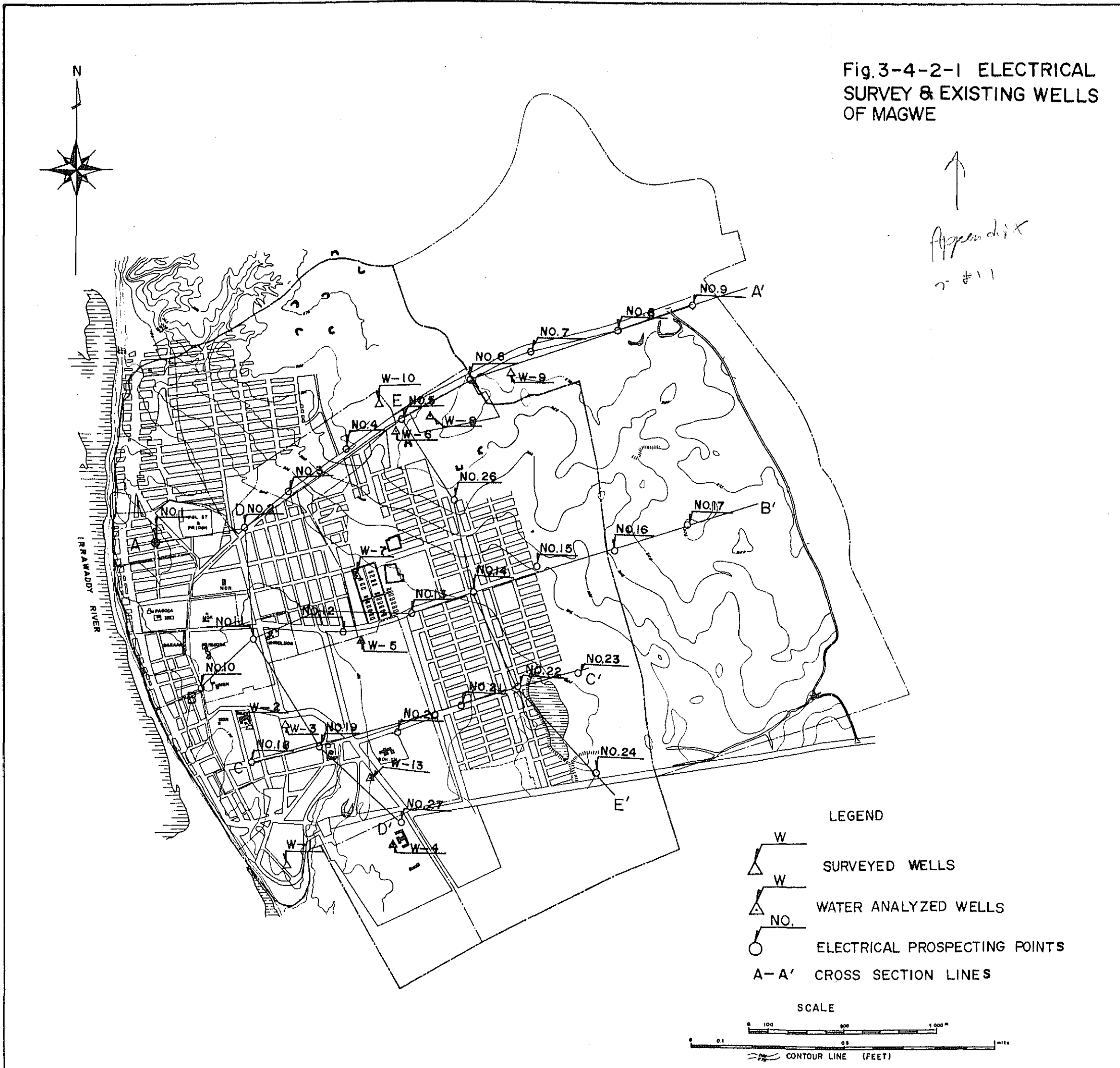
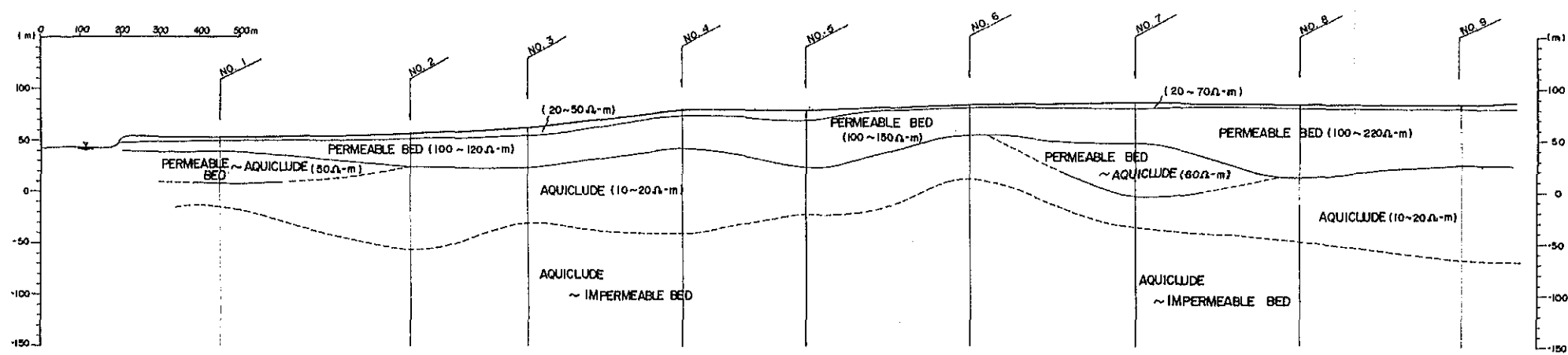
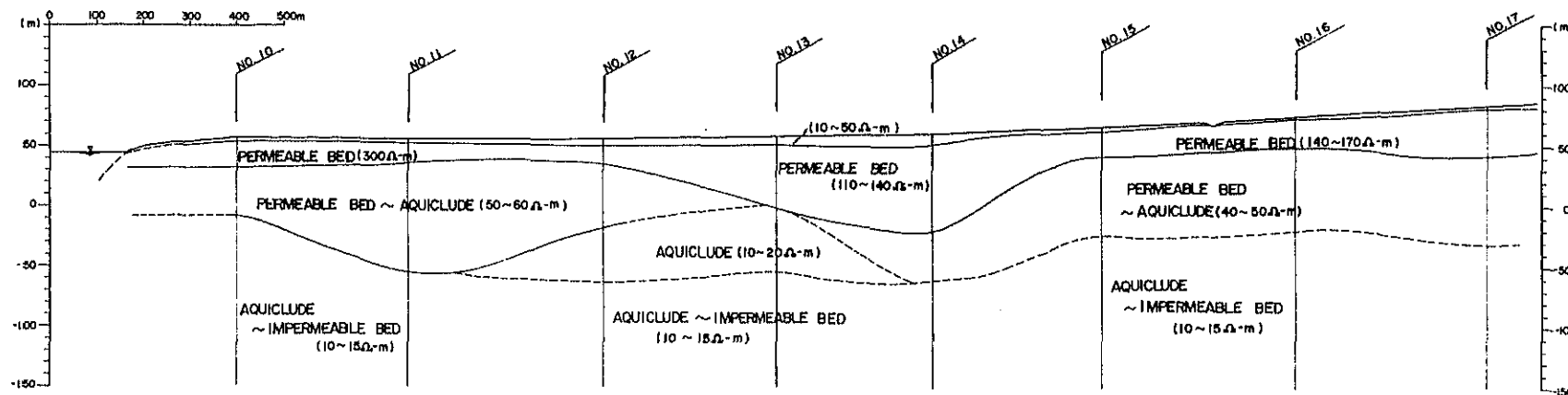


Fig.3-4-2-2
RESISTIVITY PROFILES OF MAJWE

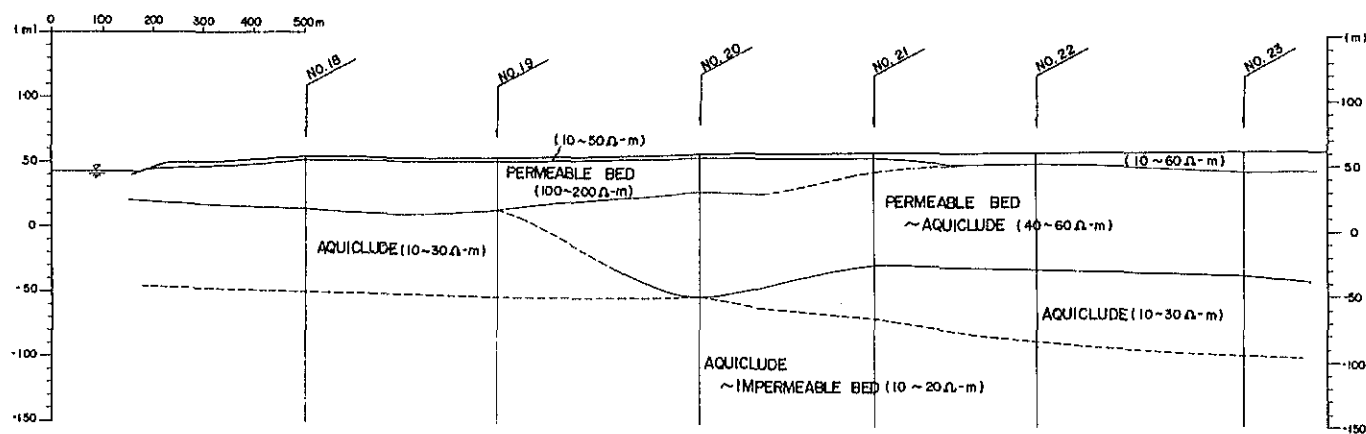
MAGWE A-A'



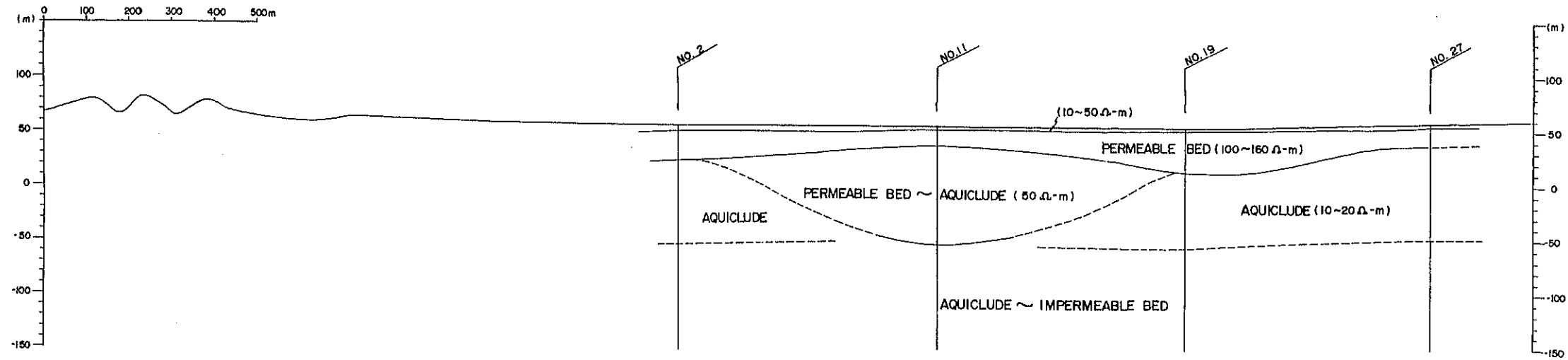
MAGWE B-B'



MAGWE C-C'



MAGWE D-D'



MAGWE E-E'

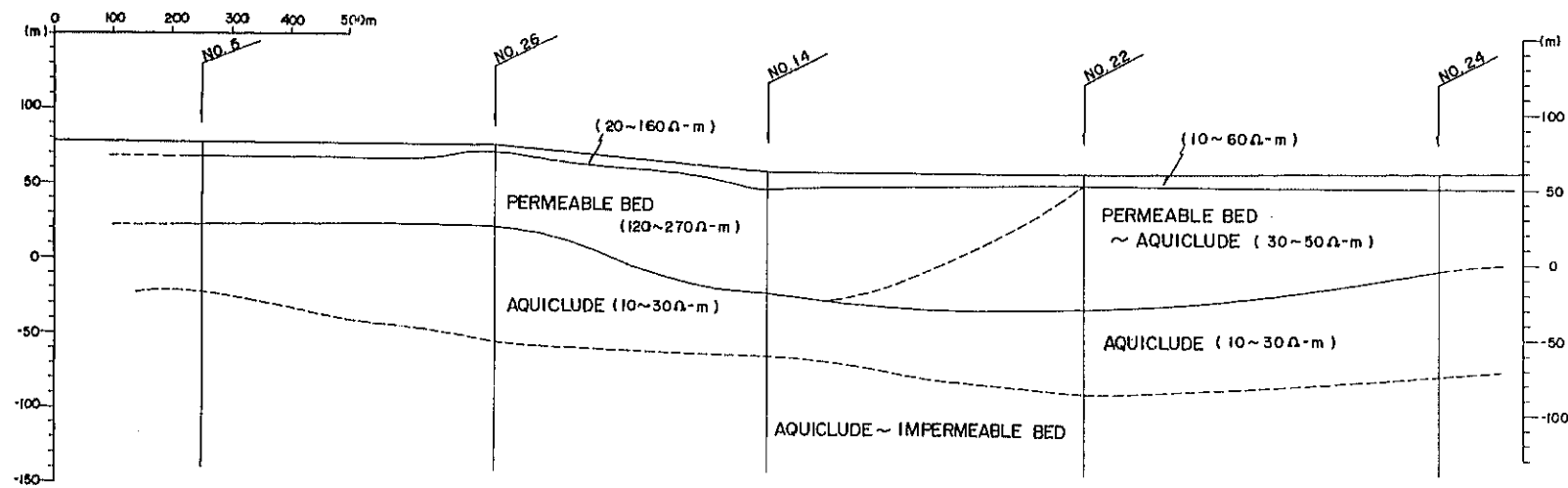


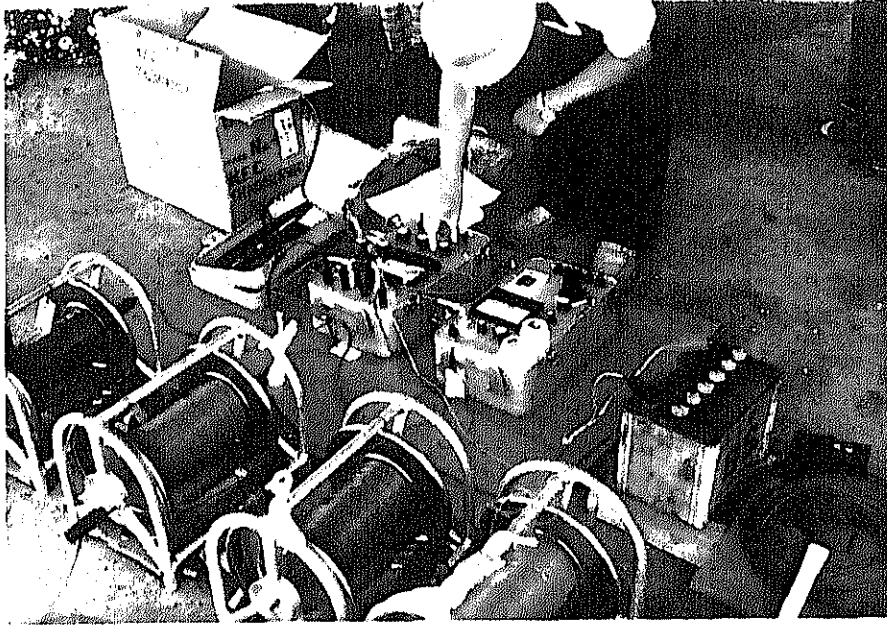
表. 3-4-2-1 井戸調査表 - magwe

Table 3.4.2.1 LIST OF ARTESIAN WELLS

IN MAGWE

No:	Location	No. of wells	Dia- meter mm	Depth of wells m	Depth of Eduction pipes m	Yield m ³ /h	Remarks
1.	Divisional Regional Party Committee	1	100	8 7.4	7 9.2	5 6.1 6	
2.	Divisional People's Council	1	150	10 2.9	10 4.4	1 8.2	
3.	Divisional Sports and Physical Education Department	1	150	8 3.2	4 9.7	5 6.1 6	
4.	Magwe College	1	150	6 5.3	5 7.9	2 8.5	
5.	Magwe Hospital	1	150	6 1.7	4 5.7	4 5.4 6	
6.	Divisional Township Co-operative Society	1	150	9 8.0	8 8.4	1 6.3 6	
7.	Pyidawtha East Area	2	200	6 6.7	4 1.1	1 0.9	
			200	7 2.2	4 1.1	1 0.9	
8.	Agricultural Corporation (Farm)	1	150	11 3.5	8 2	2 5.5	
9.	Ist Burma Rifles	1	150	11 0.3	10 9.7	1 6.3 6	
10.	Ist Kayah Rifles	1	150	13 3.1	13 2.9	1 8.2	
11.	Garrison Engineer (Near the Irrawaddy River)	2	150	3 7.4	3 2.3	3 6.8	
12.	Telegraph Office Compound	1	100	8 6.5	7 9.2	1 8.2	
13.	Agricultural Mechanization Department (Water Supply)	1	150	6 9.3	6 2.8	5 1.5	

Fig 3-4-2-4



電気探査機器 ES-G2とその付属品



magwe 町東部台地上の測点No 17

付近における電気探査

3-4-3 地下水の水質

Magwe の地下水の水質を水道水としての適否を判断するために、7 地点で採水して水質分析を行った。採水井の位置は図・3-4-2-1 調査地点図に示した。

水質分析はビルマ国立保健試験所 (National Health Laboratory) に依頼した。

分析項目は次の通りである。

1. Total solids
2. Total hardness, as Ca CO₃
3. Permanent hardness, as Ca CO₃
4. Calcium, as Ca
5. Magnesium, as Mg
6. Iron, as Fe
7. Manganese, as Mn
8. Zinc, as Zn
9. Chloride, as Cl
10. Sulphate, as SO₄
11. Nitrate, as N
12. Carbonate, as CO₃
13. Bicarbonate, as HCO₃
14. Free & Saline Ammonia, as NH₃
15. Albuminoid Ammonia, as NH₃
16. pH

分析結果は付録に記載した。

ビルマの水質基準は、Rangoon の水道においては W. H. O 及び A. W. W. A の基準に従い、他の都市もこれに従っている。

Magwe の分析結果をこの基準に照らして考察すれば、pH 値は 7.6 ~ 8.4 のアルカリ性で、溶存成分も少く、水質的に大きな特徴はなく、水道水に適合した水質である。

3-4-4 地下水賦存量

地下水賦存量を算出するに当り、算定面積は新たに編入した町域を含む全町域に限定し、更にこれを生産井地域 (図・3-4-2-1) とその他地域の 2 地域に分けた。この、生産井地域は電気探査および井戸資料から地下水開発可能性が高く、生産井を配置する地域

で、全町域からこの地域を除いたものがその他地域である。(図・3-4-4-1参照)

地下水賦存量は一定地域における現地点の賦存量として、次式により算出した。

$$V = A \times S \times E$$

ここに

V ; 地下水賦存量 (m^3)

A ; 面積 (m^2)

S ; 帯水層の層厚 (m)

E ; 有効空隙率 (%)

A ; 面積は上記の2地区に分け、

i) 生産井地域 = $3,821,499 m^2 \div 3,822,000 m^2$

ii) その他の地域 = $8,484,903 m^2 \div 8,485,000 m^2$

S ; 帯水層の層厚は " 3-4-2 帯水層 " により 20 m とする。

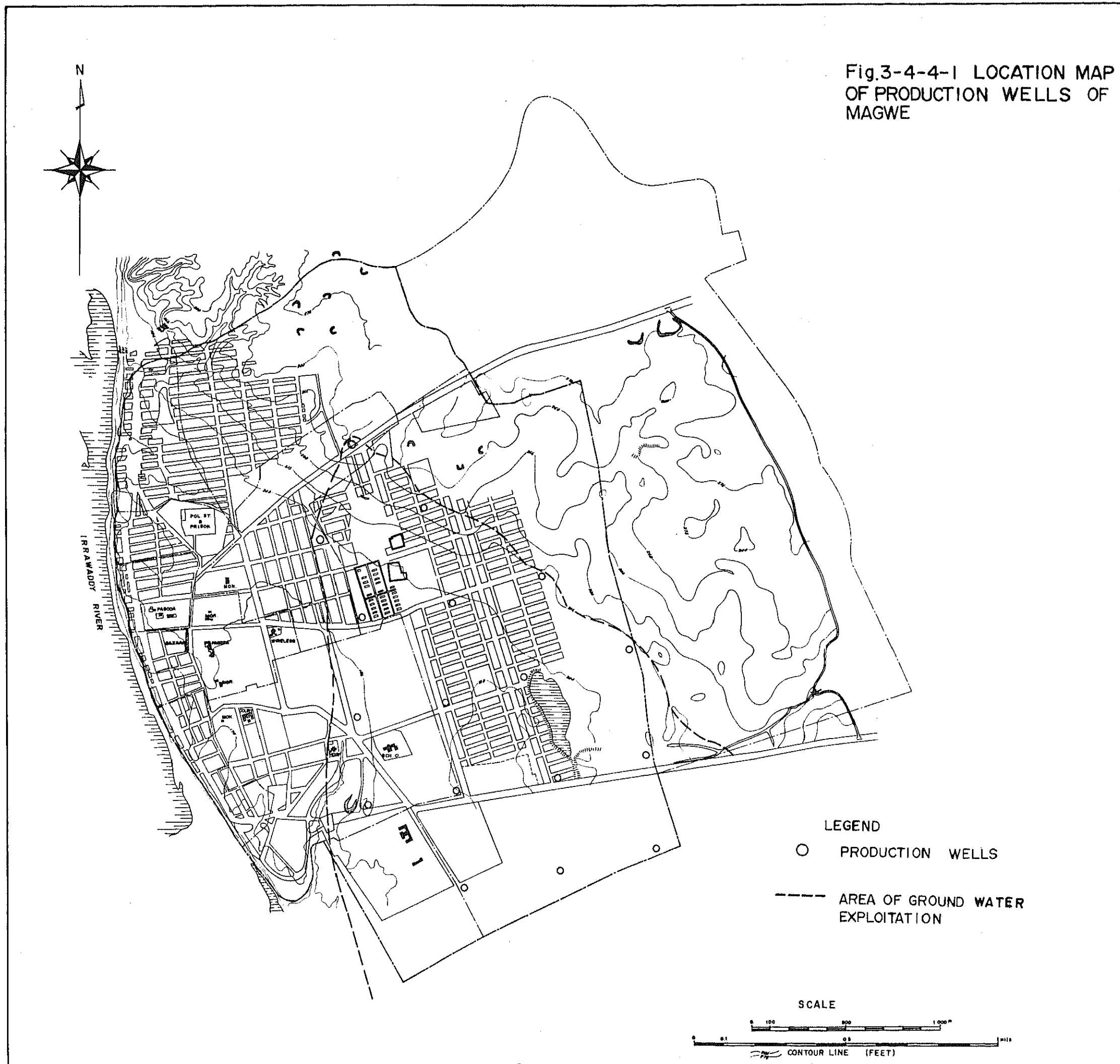
E ; 有効空隙率は生産井地域においては 13 %、その他の地域では 10 % とする。

注) -ビルマ国の地下水開発経験者によれば、Rangoon 付近の Irrawaddy 層群帯水層の有効空隙率は 15 ~ 20 % としているが、Rangoon と Magwe の地域的堆積環境の違いに基づく帯水層の性状を考慮して、生産井地域を 13 %、その他の地域を 10 % とした。

$$\begin{aligned} \therefore V &= (3,822,000 \times 20 \times 0.13) + (8,485,000 \times 20 \times 0.10) \\ &= 9,937,000 + 16,970,000 = 26,907,000 \div 27,000,000 m^3 \end{aligned}$$

この賦存量は地下水の補給や流動を考慮しない現在の水量である。しかしこの Magwe 地区では、地下水の流動方向は井戸資料に基づく静水位から推定すれば、非常に緩かな傾斜で山側から Irrawaddy 河に向って流動している。平常の状態では河から地下水の補給は考えられないが、生産井地域は東方の山側から補給を受けている。従って、水道水源としての揚水に対し十分な賦存量である。

Fig.3-4-4-1 LOCATION MAP OF PRODUCTION WELLS OF MAGWE



3-4-5 1井当り揚水量、井戸間隔および井戸深度

Magwe における井戸の資料を表・3-4-2-1に示した。この井戸の資料のうち、計画対象地域から離れた井戸を除いた各井戸の揚水量は表・3-4-5-1の通りである。

表・3-4-5-1 各井戸の揚水量

No of well	Depth of well (m)	Pumping Quantity (m ³ /h)	P. Q. m ³ /18h
1	87.4	56.16	1,010.88
* 2	102.9	18.2	327.6
3	83.2	56.16	1,010.88
4	65.3	28.5	513.0
5	61.7	45.46	818.28
7	66.7	10.9	196.2
* 12	86.5	18.2	327.6
13	96.3	51.5	927.0

4495 (3)
726 (2)
1192 (1)

* 生産井地域外

出所：ビルマ政府

生産井地域における1日当り(揚水時間18h/dとして)揚水量は平均746.04 m³/d 18h/dで、この区域に接近した生産井地域外の2井を含めたものの平均揚水量は641.43 m³/18hである。

本プロジェクトによる生産井深度は、上表にある井戸より深く、良好な帯水層を選択して揚水することも可能であり、生産井地域内においては1井当り700 m³/18h以上の揚水も十分可能と考えられるので、1井当り揚水量は揚水時間を18時間として700 m³/日とした。

ア-ウ
キ/タ
キ/ク
ハ-ニ

井戸間隔は、群井による揚水量の減少ならびに水位低下を防ぎ、また各井戸間において干渉することのない間隔をとるべきである。

当地域では地層、帯水層の状況、既存資料による1井当り揚水量と水位低下などを勘案すれば、井戸間隔は500 m以上を保つ必要があり、この計画においては井戸間隔を最小500 mとした。

井戸深度は、帯水層の賦存下限深度が100 m前後であるので、生産井の平均深度を110 m、また調査井は生産井より若干深くまで調査の必要があり深度を150 mとした。また揚水試験用観測井は本井に準じ、水位観測用観測井は生産井と同深度とした。

3-4-6 実施計画

地下水開発の実施に当っては、計画給水量 $11,500 \text{ m}^3/\text{日}$ に対し、必要本数は、1 井当りの平均揚水量が $700 \text{ m}^3/\text{日}$ であるので、

$$11,500 \text{ m}^3/\text{日} \div 700 \text{ m}^3/\text{日} = 16.4 \text{ 本} \div 17 \text{ 本} \text{ となる。}$$

従って生産井は 17 本とし、一日の揚水量は $17 \times 700 \text{ m}^3/\text{日} = 11,900 \text{ m}^3/\text{日}$ である。

Magwe 地区は帯水層の賦存状況が、完全に把握されていないので、生産井掘削に先立ち調査井を先行させることを原則とする。しかし乍ら、電気探査結果・既存井戸資料および現地調査結果から、揚水量が平均揚水量以上あるものと予想される地点では、調査井掘削を行うことなしに生産井を掘削する。その地点は 4 地点で図・3-4-6-1 に示す。

上述の 4 井を除いた残りの 13 本の井戸地点については、予め調査井を先行させる。その手順は調査井の掘削結果により、その地点が生産井掘削に不適であると判明した場合、隣接した地点を選び再び調査井を掘削する。

なお、この生産井および調査井には、揚水試験用観測井を各 1 井配するものとし、又別に地下水位通年経年観測井 3 本を設ける。

i) 生産井

生産井の掘削予定地点は図・3-4-6-1 に示した。

生産井の揚水量と揚程が比較的大きいため、大型水中ポンプの設置が必要である。従って、井戸構造は地表から深度 40 m までは孔径 250 mm のポンプハウジングケーシングとし、それ以下孔底迄は孔径 200 mm のケーシング及びスクリーンを設置する。本プロジェクトの生産井の構造図は図・3-4-6-2 に示す。生産井の作業工程は次の通りである。

1) 井戸掘削

2) 掘削完了後電気検層を実施

電気検層は比抵抗（ノルマル型）、SP 検層、 γ 検層、温度検層とする。

3) 検層およびコア鑑定の結果スクリーンの位置を決定

4) ケーシングおよびスクリーンの装着

5) 砂利充填

6) 排泥

7) 観測井の掘削

- 8) 生産井と同じ位置に開孔し、側管の装入
- 9) 排泥（観測井）
- 10) 揚水試験（水中ポンプによる）

*）なお、作業の詳細にわたっては Guideline 参照。作業内容およびそれに要する日数は次の通りである。

作業内容	日数
設営，組立	2
表土掘削（最大 10 m）	0.5
口元管セット	0.5
掘削 110 m (25 m/日)	4
電気検層	1
ケーシング 90 m およびスクリーン 20 m 装着	0.5
砂利充填	0.5
排泥	2
揚水試験	2
移動，撤去	2
計	15 日

さく井の人員配置は次の編成によって行う。ビルマ国の現状から推して、さく井は 1 日 1 シフト、8～10 時間の作業が適当である。

さく井機一台当りのクルー編成（計 2 編成）

ボーリング主任	1
アシスタント	2
メカニック	1
作業員（番人 1 名を含む）	3
運転手（クレーン操作兼ねる）	1
計	8 名

以上はさく井クルーの編成であるが、また別にさく井に付随した人員が必要である。

輸送班	計 2 名	建設班	計 2 名
運転手	1 名	ポンプセット	1 名
作業員	1 名	水タンク運転手	1 名

なお、これら人員は常備でなく、さく井クルーと兼務が可能なものもあり、実施に当ってはそれらを考慮して人員配置を行う。

ii) 調査井

調査井の構造は図・3-4-6-2に示した。側管孔径は100mmとする。調査井の作業工程は生産井に準じて行い、作業日数は次の通りである。

作業内容	日数
設営,組立	2
表土掘削(最大10m)	0.5
口元管セット	0.5
掘削 140m(35m/日)	4
電気検層	1
ケーシング130mおよび ストレーナー20m装着	1
エアリフト(揚水テスト)	2
移動,撤去	2
計	13

また、さく井クルーの他の作業班の編成は生産井に準ずる。

iii) 観測井

観測井は生産井および調査井に付随して揚水試験時に地下水位の降下量を観測するものと、地域全体の水位の動向を1年通じて経年的に観測を行うものがある。

a) 揚水試験用観測井

揚水試験用観測井は、本井から5m離れた位置に掘さくし、深度およびストレーナーの位置は生産井と同様とする。側管孔径は50%とし、その構造図は図・3-4-6-2に示す。

作業工程および日数は次の通りであるが、その人員配置は生産井に準ずるものとする。

	生産井(110m)	調査井(150m)
設営,組立	2日	2日
表土掘削	0.5	0.5
口元管セット	0.5	0.5
掘さく	3	4
ケーシングおよびストレーナー 装着	0.5	0.5
移動,撤去	2	2
計	8.5日	9.5日

b) 水位観測用観測井

水位観測用観測井は山地側に2点、平地側に1点の3井を設置し、図・3-4-6-1に位置を示す。観測井の深度は生産井と同様とし、孔径は100%、ストレーナーは主要帯水層に装着する。観測は1ヶ月巻の自記記録水位計を用いて行う。

また作業工程、人員配置は揚水試験用観測井に準ずる。

IV) 変圧器および揚水施設

揚水は水中モーターポンプで行うがそれに要する電力は高圧(11,000V)で送電されたものを、変圧器を設置して400Vに降圧して配電する。水中ポンプは、平均揚水量700 m³/日に見合う容量として揚水量0.65 m³/min、揚程50~77 mとし、出力15 kWのものを設置する。

水中モーターポンプの据付は生産井が完成し、変電設備ならびに給配水管設置作業時にこれと並行して行う。

V) 生産井設置に要する総作業日数

さく井作業の開始から生産井をすべて完成するまでの期間を2ケ年とすれば、次のような作業日数となる。

a) 工期による日数

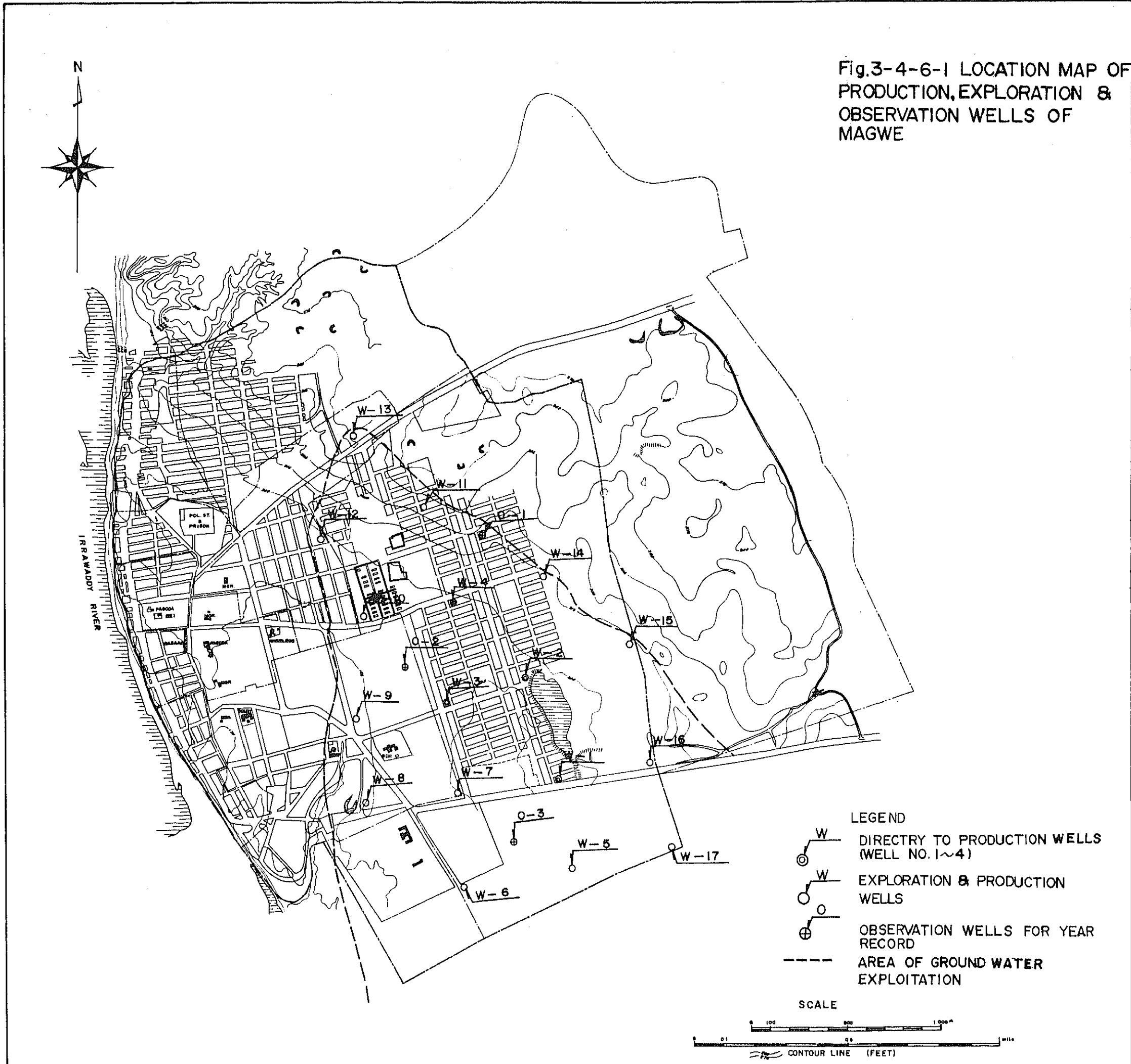
- 1) 工期; 2年間
- 2) 稼働可能月数; 8ヶ月/1年×2年=16ヶ月
- 3) 稼働日数; 25日/月×16ヶ月=400日
- 4) さく井用機械2台による稼働可能日数; 400×2=800日

b) 作業工程からの日数は、生産井、調査井および観測井の合計は

- 生産井: (15日/井 + 8.5日/井) × 17井 = 399.5日
 - 調査井: (13日/井 + 9.5日/井) × 13井 = 292.5日
 - 水位観測井; 8.5日/井 × 3井 = 25.5日
- 合計 717.5日

作業工程からの日数は、工期による日数より少く、十分余裕をもって作業を実施ができる。生産井、調査井、観測井の工程表を表・3-4-6-1に示した。

Fig.3-4-6-1 LOCATION MAP OF PRODUCTION, EXPLORATION & OBSERVATION WELLS OF MAGWE



図・3-4-6-2 井戸設計図 → magwe

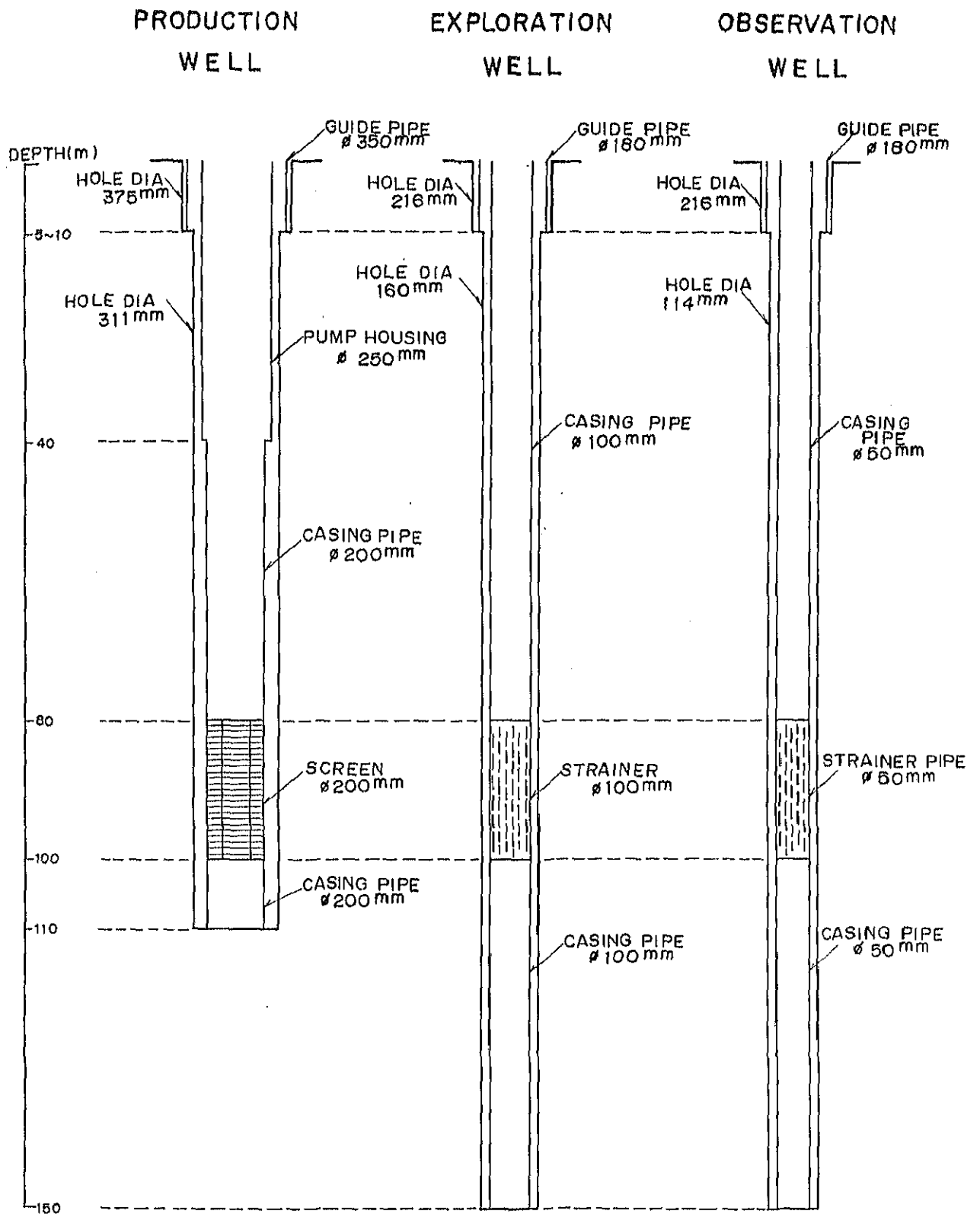


図 3.4.6.1 マグエ井戸工程表

年及び月 井戸種別	FIRST YEAR												SECOND YEAR											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
生産井	WELL NO. 1-A																							
	WELL NO. 5-B												WELL NO. 12											
													WELL NO. 13-16											
調査井 観測	WELL NO. 5-13												WELL NO. 17											
													WELL NO. 17											
													OBSERVATION WELL											

3-5 水道施設計画

3-5-1 施設基準

本プロジェクトに関する設計基準は、Rangoon City Development Committee (R. C. D. C.) から与えられた "Design Criteria for Towns Water Supply (付録参照) に準ずることとしたが、現地調査を通じて得られた情報および R. C. D. C. との協議の結果から、計画の基準となる諸元を次のように定めた。

- i) 計画目標年 1991年(10年後)
- ii) 単位水量
 - 計画1人1日平均給水量 150 ℓ/d
 - 計画1人1日最大給水量 150 × 1.3 = 195 "
- iii) 時間最大給水量 195 × 1.5 = 292.5 "
- iv) 水源 深井戸(100m以上)
- v) 揚水施設 水中モーターポンプ
- vi) 導水管および配水管 ダクタイル鋳鉄管

vii) 貯水施設

- 地下水槽 構造：鉄筋コンクリート
- 容量：日配水量の6時間分
- 高架水槽 構造：鉄筋コンクリート
- 容量：日配水量の2時間分

*extension to
water supply
for the...?*

3-5-2 施設の概要

計画は水質試験結果より、飲料水に適合したものとし、浄水処理を行わないことを原則として、揚水→導水→貯水→配水→給水という方式を基本システムとした。(図・3-5-2-1 参照)

施設のレイアウトは、図・3-5-2-2, 図・3-5-2-3 施設概要図に示すとおりであり、この決定に当っては次のことを条件とした。

i) 井戸1井当り取水量および井戸間隔

- 井戸1井当り取水量 700 m³/d
- 最小井戸間隔 500 m

ii) 導水管

井戸群から各貯水槽への導水管は、井戸および管路の故障時を考慮し2系統とす

る。

iii) 給水地域の分割

給水地域を立地条件に合わせ3分割し、各々において単独のブロックシステムをつくり、連絡管で相互関連をもたせる。(図・3-5-2-1参照)

iv) 地形的条件の利用

既存施設は極力利用するものとし、新施設との統合を計る。

v) 既存施設のうち取水施設、水処理施設および配水施設のうち使用可能なものは現状のまま使用する。但し水処理施設については問題があり、第8章に問題点として提起した。

図 3-5-2-1 施設の計画系統図

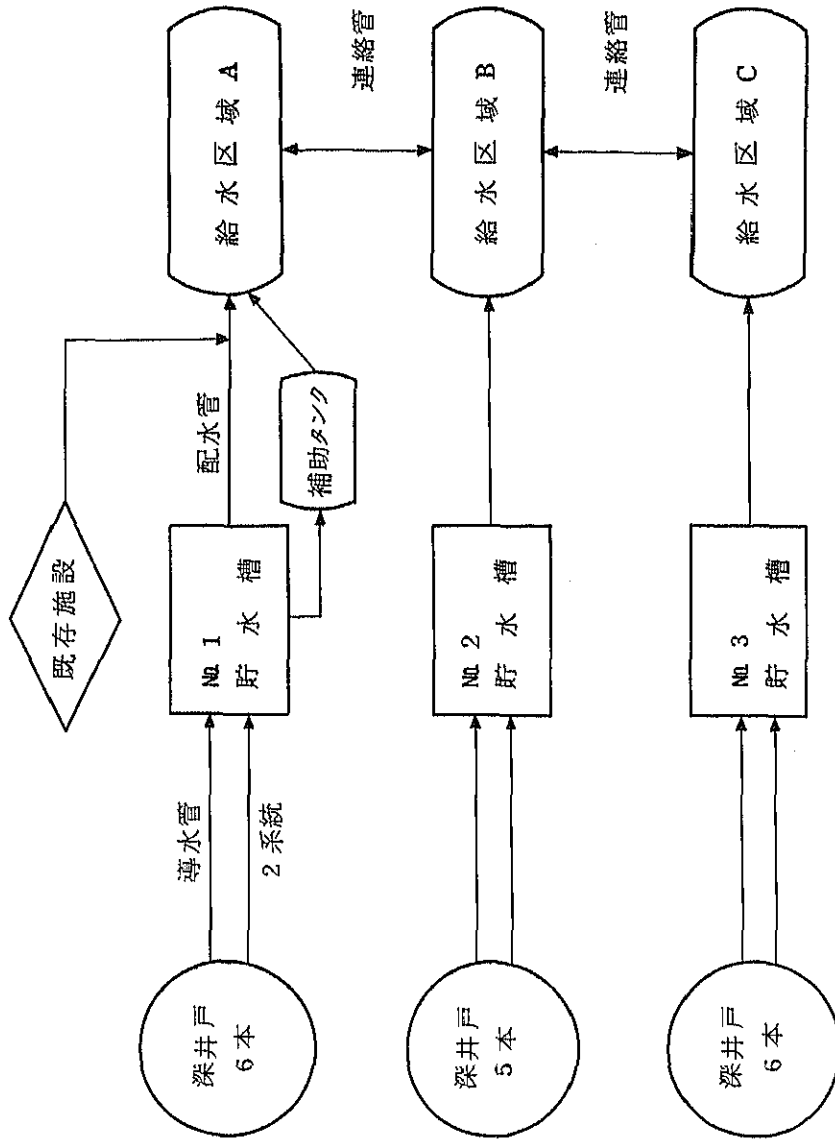
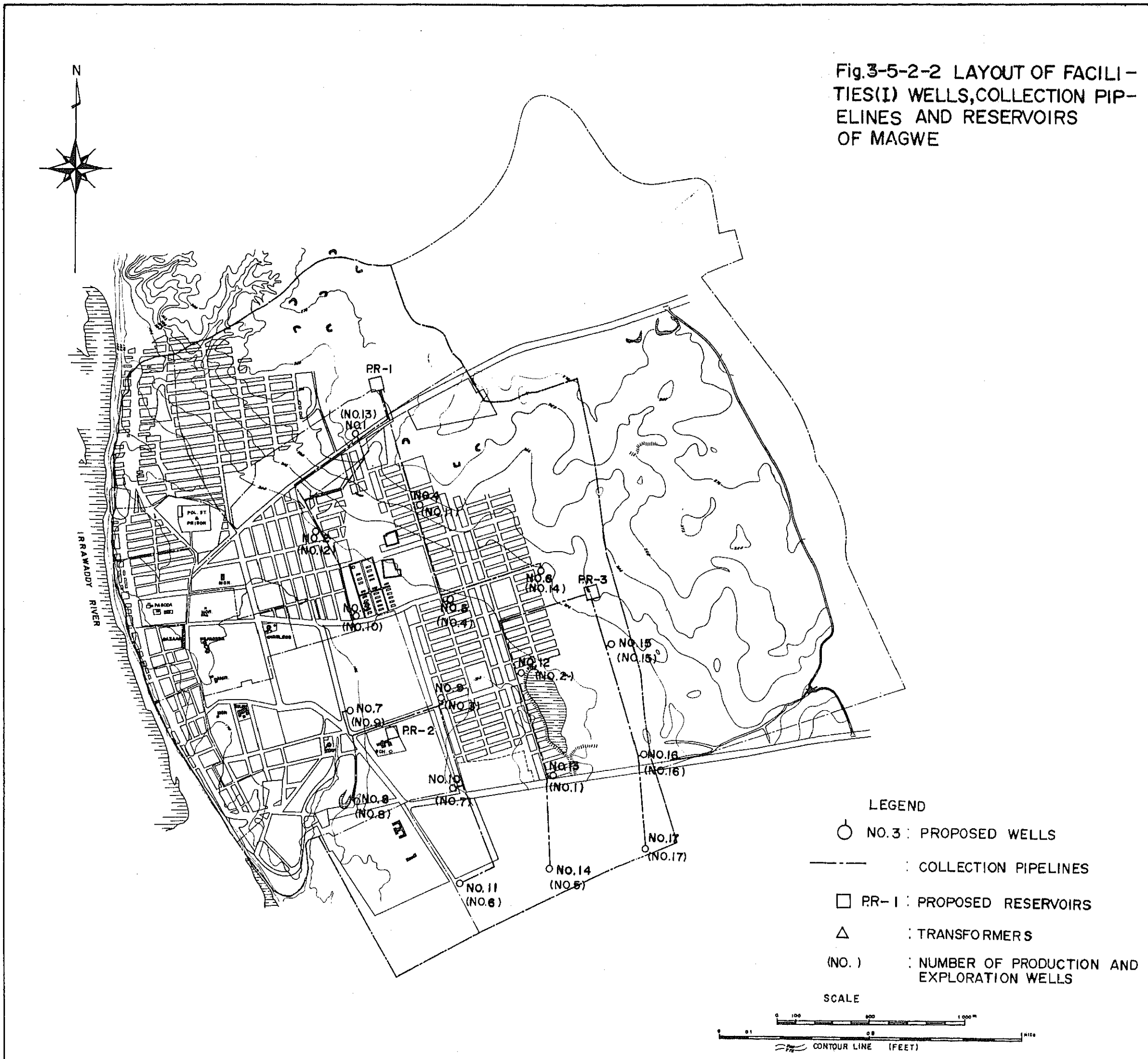


Fig.3-5-2-2 LAYOUT OF FACILITIES(I) WELLS, COLLECTION PIPELINES AND RESERVOIRS OF MAGWE



LEGEND

- NO.3 : PROPOSED WELLS
- : COLLECTION PIPELINES
- PR-1 : PROPOSED RESERVOIRS
- △ : TRANSFORMERS
- (NO.) : NUMBER OF PRODUCTION AND EXPLORATION WELLS

SCALE

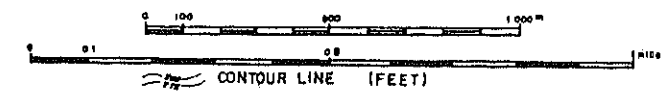
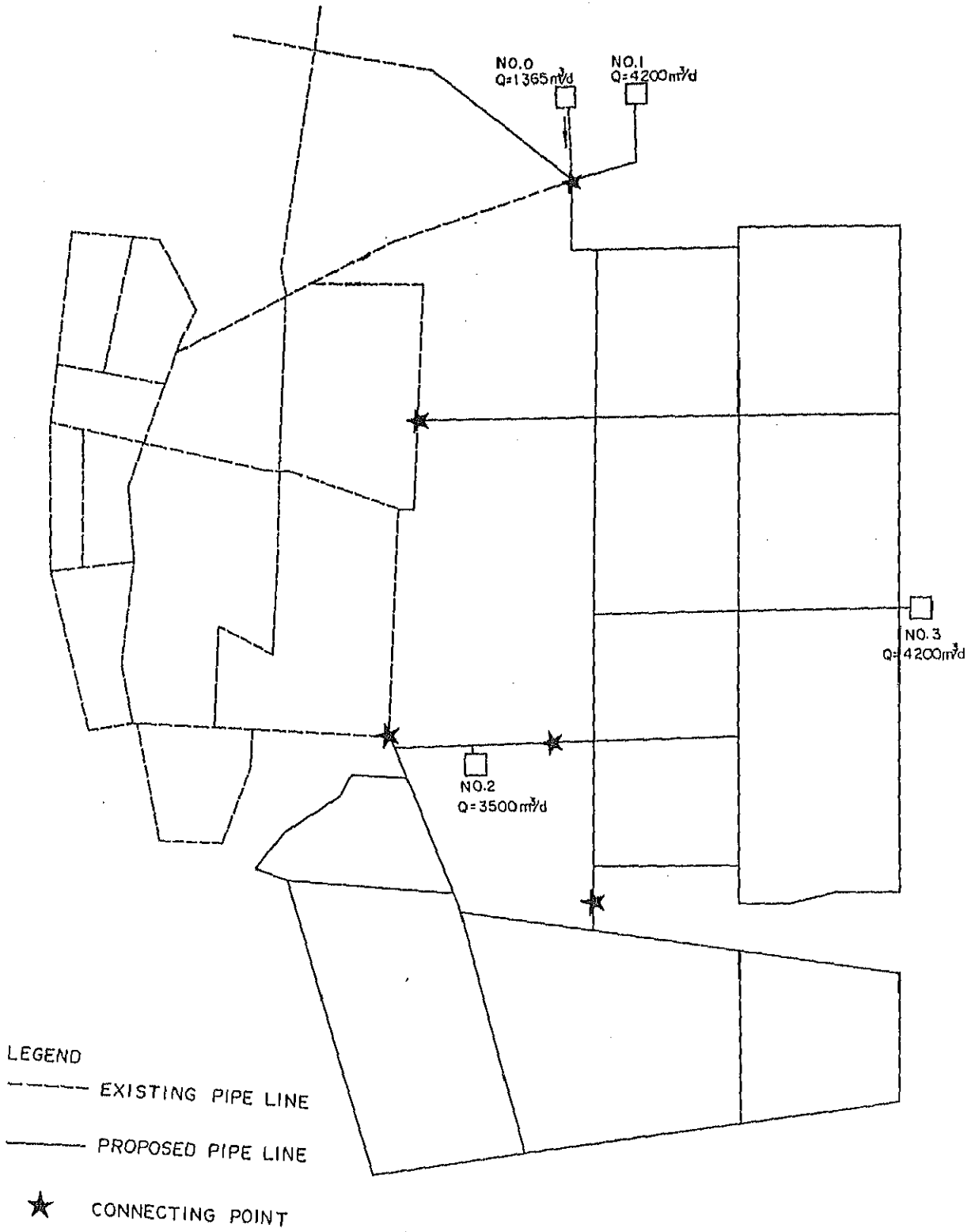


圖 • 3 - 5 - 2 - 3 配 水 施 設 系 統



2011/11/15
 17

3-5-3 施設の規模

次項の容量計算(3-5-4)、その他から各施設の規模を以下のように決定した。

1) 取水施設

a) 取水井

計画取水量	700 m ³ /d/井
井戸本数	17本
深度	平均110m
孔径 上部	375mm
下部	311mm
ケーシング孔径	200mm
グラベルウォール	φ3mm~φ10mm

b) 取水ポンプ室

構造	レンガ造	4.0m × 4.0m
棟数	17棟	

c) 取水ポンプ

電動出力	15kW	17台
------	------	-----

2) 導水施設

導水管

管 径	管 種	延 長
φ150mm(φ6")	ダクタイル鋳鉄管1種	3,200m
φ200mm(φ8")	ダクタイル鋳鉄管1種	3,100m
φ250mm(φ10")	ダクタイル鋳鉄管1種	2,400m

各種異形管 一式

空気弁 10ヶ所

仕切弁 19ヶ所

3) 貯水施設

貯水槽

呼び名	構造	容 量
P. R. №1	R C構造	1,400 m ³
P. R. №2	R C構造	1,400 m ³

P. R. № 3

R C 構造

1,200 m³

4) 配水施設

№ 1 貯水槽の補助施設 50 m 高架水槽

(Town 北東部の高地域へ配水するための水頭確保用補助タンク)

配水管…………ダクタイル鋳鉄管 タイプ I 型

管 径	延 長
∅ 100 mm (∅ 4")	4,570 m (4,410)
∅ 150 mm (∅ 6")	20,900 m (6,200)
∅ 200 mm (∅ 8")	2,660 m (620)
∅ 250 mm (∅ 10")	2,550 m (1,770)
∅ 75 mm (∅ 3")	— (5,460)

ただし()内は既設管の延長である。

各種異形管	一ヶ所
空気弁	20ヶ所
仕切弁	59ヶ所
スタンドパイプ	50ヶ所
消火栓	50ヶ所

3.5.4 計算結果

1) 取水および導水施設

表: 3-5-4-1 取水ポンプ

Number of wells	Actual pumping head	Friction loss of head by pipeline	Residual head required	Other head losses	Total head	Output of motor
No 1	44(m)	1.1(m)	5.0(m)	2.0(m)	52.1(m)	9.8(KW)
No 2	61	3.5	"	"	71.5	13.4
No 3	64	5.6	"	"	76.6	14.4
No 4	51	2.3	"	"	60.3	11.3
No 5	61	4.2	"	"	72.2	13.4
No 6	58	6.3	"	"	71.3	13.4
No 7	46	1.3	"	"	54.3	10.2
No 8	45	2.2	"	"	54.2	10.2
No 9	41	0.9	"	"	48.9	9.2
No 10	40	2.5	"	"	49.5	9.3
No 11	45	5.2	"	"	57.2	10.7
No 12	52	2.5	"	"	61.5	11.5
No 13	52	4.6	"	"	63.6	11.9
No 14	49	6.7	"	"	62.7	11.8
No 15	49	0.9	"	"	56.9	10.7
No 16	48	3.0	"	"	58.0	10.9
No 17	49	5.1	"	"	61.1	11.5

表・3-5-4-2 主管の集計

Line	Distance (L.M.)	Dia.	Quantity (m.Cu./min.)	Hydraulic gradient (%)	Velocity (m/sec)
№3~№2	500	150(6")	0.7	4.2	0.61
№2~№1	700	200(8")	1.4	3.5	0.67
№1~R.V.	350	250(10")	2.1	3.1	0.72
№6~№5	550	150(6")	0.7	4.2	0.61
№5~№4	550	200(8")	1.4	3.5	0.67
№4~R.V.	650	250(10")	2.1	3.1	0.72
№8~I.C.	350	150(6")	0.7	4.2	0.61
№7~I.C.	150	150(6")	0.7	4.2	0.61
I.C.~R.V.	200	200(8")	1.4	3.5	0.67
№11~№10	650	150(6")	0.7	4.2	0.61
№10~№9	450	200(8")	1.4	3.5	0.67
№9~R.V.	300	250(10")	2.1	3.1	0.72
№14~№13	500	150(6")	0.7	4.2	0.61
№13~№12	600	200(8")	1.4	3.5	0.67
№12~R.V.	800	250(10")	2.1	3.1	0.72
№17~№16	500	150(6")	0.7	4.2	0.61
№16~№15	600	200(8")	1.4	3.5	0.67
№15~R.V.	300	250(10")	2.1	3.1	0.72

表・3-5-4-3 ポンプ揚程

Number of wells	Ground level		H. W. L. of reservoir	Actual pumping head
	Feets	Metres		
No. 1	257	78	82	42
No. 2	199	61	"	61
No. 3	189	58	"	64
No. 4	233	71	"	51
No. 5	199	61	"	61
No. 6	209	64	"	58
No. 7	181	55	61	46
No. 8	185	56	"	45
No. 9	197	60	"	41
No. 10	199	61	"	40
No. 11	185	56	"	45
No. 12	197	60	72	52
No. 13	196	60	"	52
No. 14	205	63	"	49
No. 15	206	63	"	49
No. 16	209	64	"	48
No. 17	206	63	"	49

計算 ?

ヘーゼン・ウィリアムス公式

動水こう配 (Hydraulic Gradient)

$$I = 10.666 \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85}$$

流速 (Velocity)

$$V = 0.35464 \times C \times D^{0.63} \times I^{0.54}$$

ここに I ; 動水こう配 = h/ℓ (‰)

C ; 流速係数

D ; 管内径 (m)

Q ; 流量 (m^3/S)

V ; 平均流速 (m/S)

ポンプの口径

$$D = 146 \sqrt{Q/V}$$

$$= 146 \sqrt{0.7/3.0}$$

$$= 70.5 \text{ (mm)} \rightarrow \phi 80 \text{ mm}$$

ここに V ; 吸込管の流速 (m/S)

Q ; 吐出量 (m^3/min)

電動機出力

$$P_m = \frac{16.3 \cdot \gamma \cdot Q \cdot H}{\eta} (1 + a)$$

$$= \frac{16.3 \times 1.0 \times 0.65 \times 1.15}{65} \times H$$

$$= 0.187 \times H \text{ (kW)}$$

ここに γ ; 水の単位体積重量 (kg/ℓ)

Q ; 吐出量 (m^3/min)

H ; 全揚程 (m)

η ; ポンプの効率 (%)

d ; 余裕

2) 貯水施設

貯水池容量は、1日最大給水量の6時間分に消火用水量を加えた容量とする。ただし、高架水槽の場合の容量は、1日最大給水量の2時間分に消火用水量を加えた容量とする。

№1貯水槽

$$6 \text{ 井} \times 700 \text{ m}^3/\text{井} \times \frac{6}{24} + 350 \text{ m}^3 = 1,400 \text{ m}^3$$

№2貯水槽

$$6 \text{ 井} \times 700 \text{ m}^3/\text{井} \times \frac{6}{24} + 350 \text{ m}^3 = 1,400 \text{ m}^3$$

№3貯水槽

$$5 \text{ 井} \times 700 \text{ m}^3/\text{井} \times \frac{6}{24} + 300 \text{ m}^3 = 1,175 \text{ m}^3$$

$$\div 1,200 \text{ m}^3$$

3) 配水施設

Magwe Town の計画給水区域は次の3つに大別できる。

A地区 計画人口密度90人/ha の既存市街区域

B地区 計画人口密度50人/ha の軽工業区域

C地区 計画人口密度90人/ha の計画住居区域

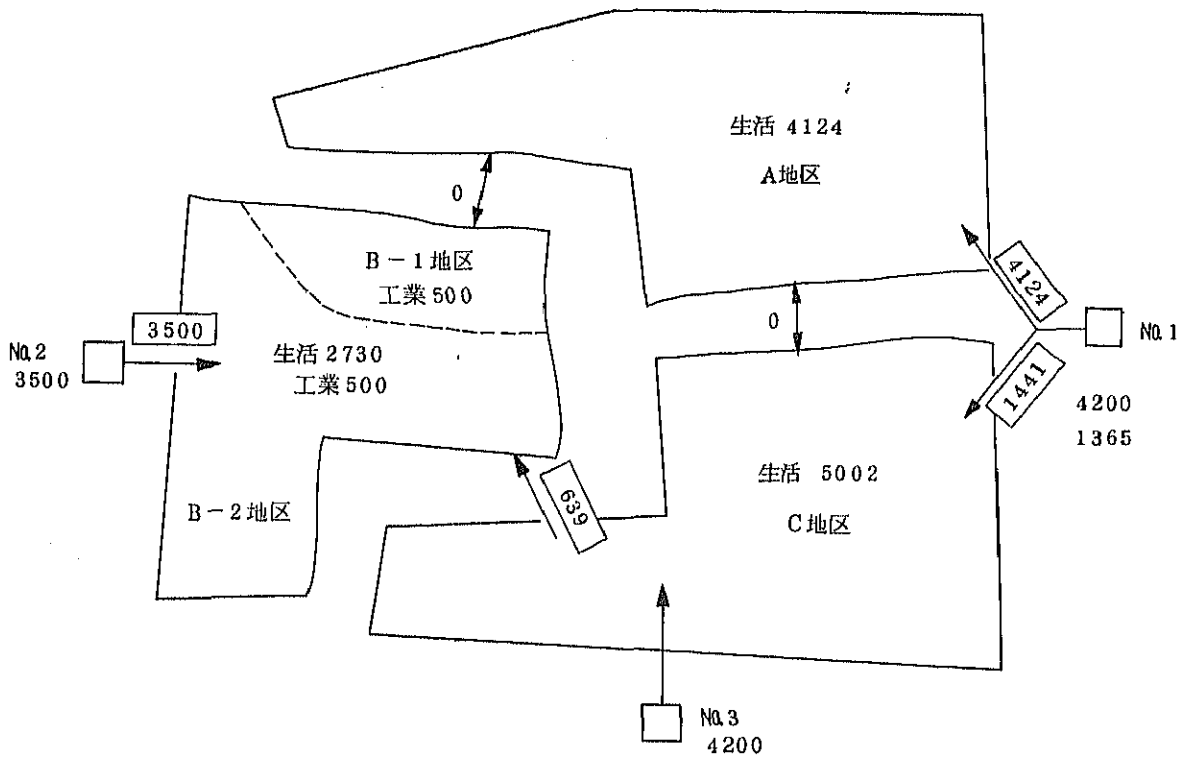
4) 計画配水量

計画1日給水量を、292.5ℓ/日人とし、軽工業区域に対しては別途1,000m³加えるものである。配水施設の決定はこの給水量の1.5倍を計画時間最大量とし、配水諸元を表・3-5-4-1のとおりとする。

表・3-5-4-4 配水諸元

地域名		既存市街区域	軽工業区域		計画住居区域	計
記号		A地区	B-1地区	B-2地区	C地区	
給水状況		既設	既設	計画	計画	
計画人口		21,150人	14,000人		25,650人	60,800人
			4,200人	9,800人		
面積		235 ha	280 ha		285 ha	861 ha
			84 ha	196 ha		
計画給水量	生活用水	4,124 m ³ /日	2,730 m ³ /日		5,002 m ³ /日	11,856 m ³ /日
			819 m ³ /日	1,911 m ³ /日		
	工業用水	-	500 m ³ /日	500 m ³ /日	-	1,000 m ³ /日
時間最大給水量		71.6 l/sec	22.9 l/sec	41.9 l/sec	86.8 l/sec	222.2 l/sec

b) 給水模式図



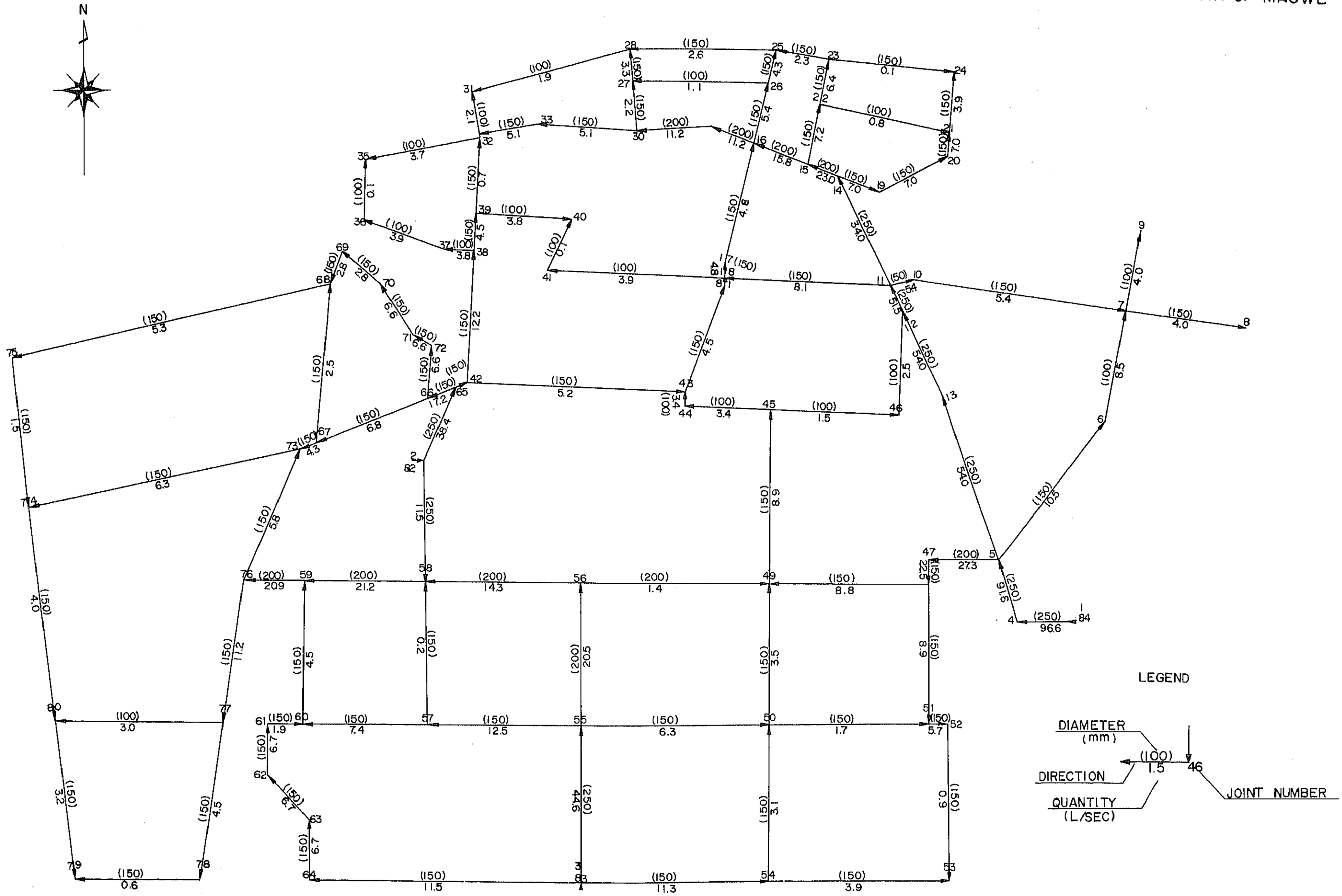
c) 管網計画

3ヶ所の水源から各地区に単独給水することを原則として、各水源の故障を考え、各地区間の連絡配管を設け、1管網として計画する。(図・3-5-2-3参照)

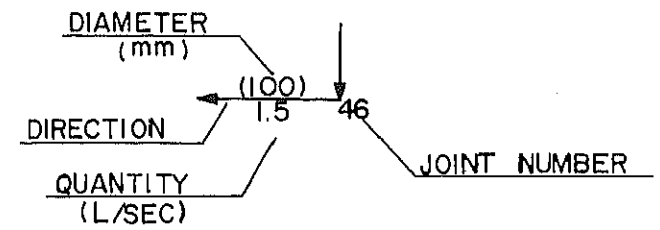
d) 管網計算

管網計算はHARDY CROSS法によりコンピューターで計算したOutput Dataを付録に収録した。又、その結果を図化したものが図・3-5-4-1である。

Fig. 3-5-4-1 DISTRIBUTION PIPELINE NETWORK OF MAGWE

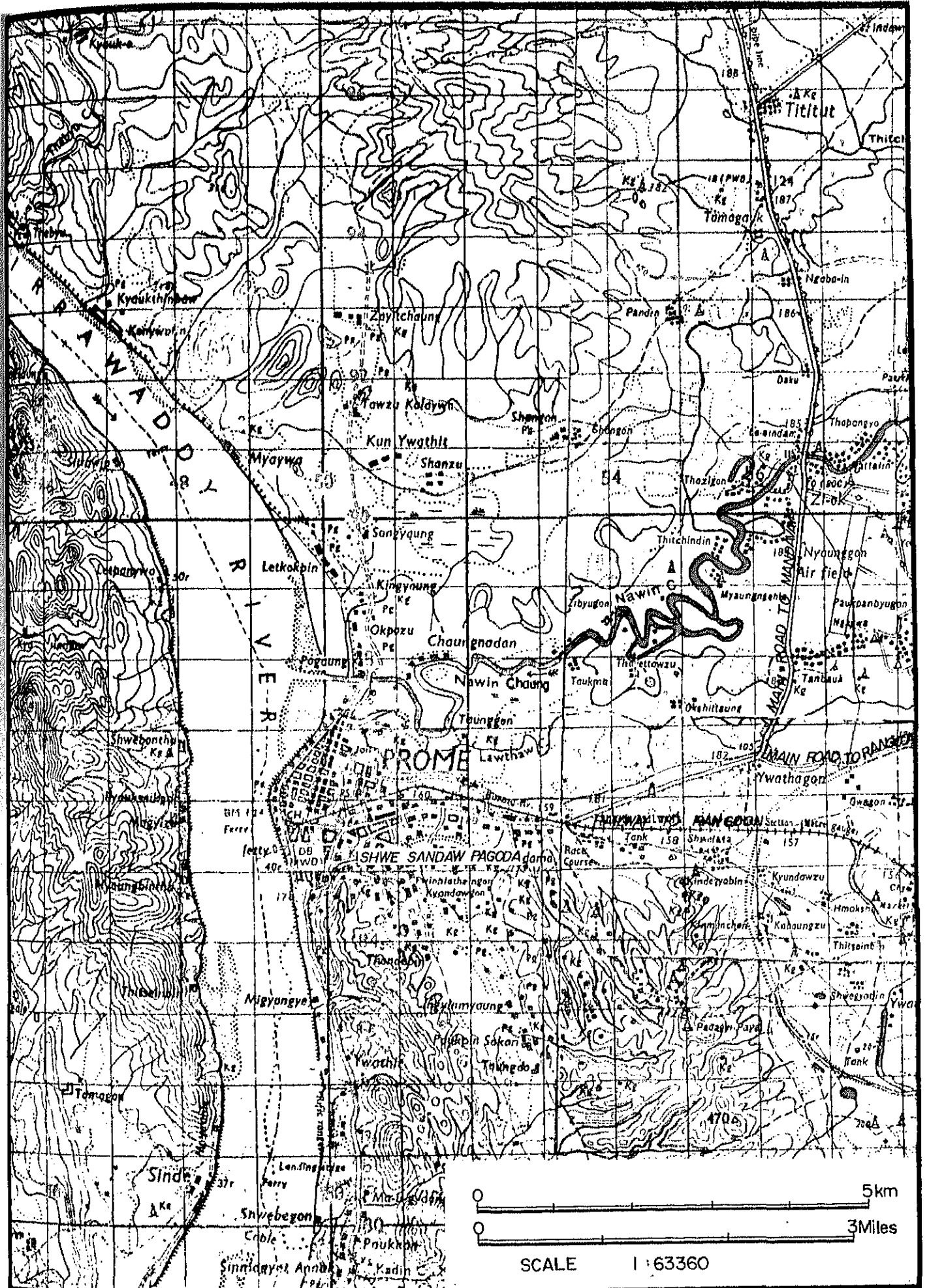


LEGEND



第 4 章 プロム・プロジェクト

MAP OF PROME



第4章 プロム・プロジェクト

4-1 地域の概況

Prome はビルマ南部平野の北端に位置し、モンスーン地帯に属している。降水量は年間平均 1,207% (71年間平均)、最大降水量 1,749% (1973年)、最少 816% (1972年)である。

Prome は Irrawaddy 河の左岸にあり、市街地は標高約 30 m の平坦地に位置し、Irrawaddy 河の水面との間には大きな差はない。Irrawaddy 河の水面標高は季節により大きく変動し乾季に低く、雨季には上昇する。1974年の Irrawaddy 河の水位標高の月別平均値は表・4-1-1のとおりである。

表・4-1-1 水位標高の月別平均値

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
月別水位標高 平均値 (m)	1835	1756	1733	1803	1965	2170	2722	2856	2723	2484	2096	1969

最大記録は 30.25 m (1974年8月15日)で、この時は市街地は冠水している。市街地の北部には NAWIN・CHAUNG の小河川が町の北方境界に沿って流れ、Irrawaddy 河に注いでいる。この川の下流部は乱流し三ヶ月湖などを残し、このため堤防を築き付近一帯は湿地または湿田となっている。市街地の南方には標高 45 m ないし 90 m の丘陵があり、この丘陵は Irrawaddy 河の左岸に沿って走り、急崖をなして河に望んでいる。

Prome の町域は現在の市街地とその東方に広がる地域からなる。

次に地勢を大観すれば、南方はやや高い丘陵地帯で、北方に向って低くなり、そこに NAWIN CHAUNG の低地帯がある。この地勢に支配されて、幹線道路および鉄道はそれぞれ東西に走り、道路は町の東端に至り分岐して北方 Mandalay 方面と南方 Rangoon 方面に通じている。鉄道は Rangoon と Prome 間を直接結んでいる。

Prome は、昔ビルマの首都として栄えた所で、今も雄大な Shwe Sandaw Pagoda にその名残りを止めている。

現在の Prome は Pegu 管区北部の重要都市として、また特に商業の中心地となっている。近年になり、1959年から1970年にかけて人口が急激に増加し、そのために町は過密状態となって、火災の恐れもあり、1550家族が市街地の東方につくられた新市街地に移住した。1972年以降の世帯数と人口を次の表・4-1-2に示す。

表・4-1-2 世帯数、人口、面積年次表

Year	Households	Population	Area (km ²)
1972	14,316	60,248	20.72
1975	14,954	71,810	20.72
1975	15,120	73,125	20.72
1981		78,146	20.72

出所：ビルマ政府

Prome は行政的に 7 区からなり、1981年の人口は推定 78,146 人である。区別人口と面積を表・4-1-3 に示す。

表・4-1-3 区別人口と面積 (1981年)

Name of Wards	Area (ha)	Population
① NA-WIN	569.6	16,288 人
2 SHWE-GU	28.5	5,012
3 KYAUNG-GYI	41.4	5,658
4 SAN-DAW	69.9	12,412
5 SIN-ZU	181.2	6,078
⑥ YWA-BAI	768.4	16,730
⑦ KHIT-TA-YA-MYO-THIT	411.6	15,968
⑧ New Boundary Area	934.4	0
Total	3,005.0ha	78,146 人

※上記地区の○番号が計画対象区である。 出所：ビルマ政府

地区開発委員会の策定した 1982 年から始まる第 4 次 4 ヶ年計画を表・4-1-4 に示す。この 4 ヶ年計画において、Prome は旧市街地の既設水道を整備する計画である。この計画は今回のプロジェクトと平行して行われるもので、これにより新たに拡張された町域を含め Prome は全域に水道が完備することになる。

表・4-1-4 第4次4ヶ年計画予算表

(kyats in thousand)

Description	kyats in tousand	1982-83		1983-84		1984-85		1985-86		1982-83 to 1985-86	
		Total	FE compi	Total	FE compi	Total	FE compi	Total	FE compi	Total	FE compi
1	Extension of Existing Water Supply System	1200	300	1000	300	400	100	455	150	3055	850
2	New Water Supply System (Japanese Grant Aid Project)	200	80	500	200	100	40	100	40	900	360
3	Improvement of Existing Water Supply System	-	-	-	-	-	-	100	100	100	100
4	Road Construction	250	250	180	150	-	-	100	100	530	500
5	Other Construction	75	-	400	-	195	-	210	-	880	-
6	Drainage	650	200	400	100	1000	150	750	250	2000	700
7	Sewerage	200	200	-	-	-	-	-	-	200	200
8	Waste Disposal	-	-	-	-	350	200	200	200	550	400
9	Office Equipment	10	-	20	-	5	-	-	-	35	-
10	Miscellaneous	120	60	100	-	-	-	-	-	220	60
Total		2705	1090	2600	750	2050	490	1915	840	9270	3170

出所：ビルマ政府

Prome の財政は次の表・4-1-5 に示すように、その収支バランスは、やゝ低調の兆はあるが比較的安定している。(1 kyat ≒ 30円, 1981, 8月現在)

表・4-1-5 収支バランス

Year	Income(kyats)	Expenditure(kyats)	Balance (kyats)
1978-'79	2,698,270	1,941,900	+ 1,056,370
1979-'80	2,665,775	1,975,690	+ 690,085
1980-'81	2,808,544	2,270,523	+ 538,021

出所：ビルマ政府

4-2 水道事業の沿革

Prome の水道は、英国統治時代の 1883 年に始まった。

当時の施設は、Irrawaddy 河底に設けたろ過施設を通して集めた水を蒸気ピストンポンプにより、高架水槽へ上げ、これから町へ配水するものであったが、この施設は、第二次世界大戦中にそのほとんどが破壊された。

1961年、ビルマ国は、タハール（前出，3-2）に、町の水道施設計画のフィジビリティスタディを実施させた。

この報告では、水源を地下水と Irrawaddy 河表流水にした場合の 2 ケースについて調査を行い、経済的、衛生的理由から、地下水開発による水道供給施設を推薦している。

しかし、この計画は国家予算の関係で実施されるに至らなかったため、町では Irrawaddy 河表流水を水源とする水道施設を建設し、1975年には、浄水施設を増設し現在に至っている。

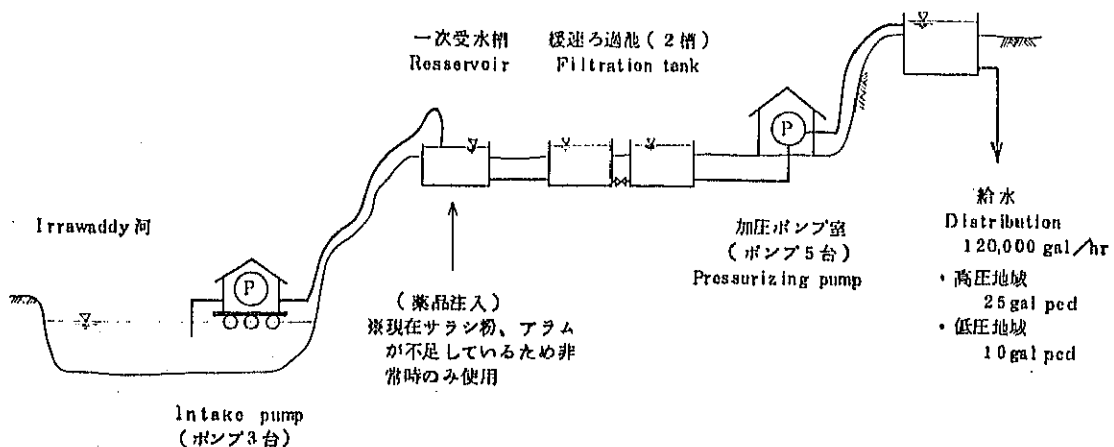
現施設は、Irrawaddy 河岸に設置した 3 台のモーターポンプにより取水し、一次受水槽、滅菌、沈澱装置を通し、ブースターポンプにより 3 ヶ所の高架水槽に上げた水を、自然流下で配水している。

この施設による可能給水量は 1 日当り 720,000 ガロン (3,276 m^3) であり、現在人口 76,000 人に対しその 4 割の約 30,000 人を給水人口としている。

既存施設の給水対象外地域では、飲料水を雨水、Irrawaddy 河の表流水および私有の小孔径管井、またはこれらからの買水に頼っており、水道施設整備事業の早期着手が望まれている。

既存の水道施設の概略、現況を図・4-2-1 に、表・4-2-1 に既存施設の現況の概略を示した。

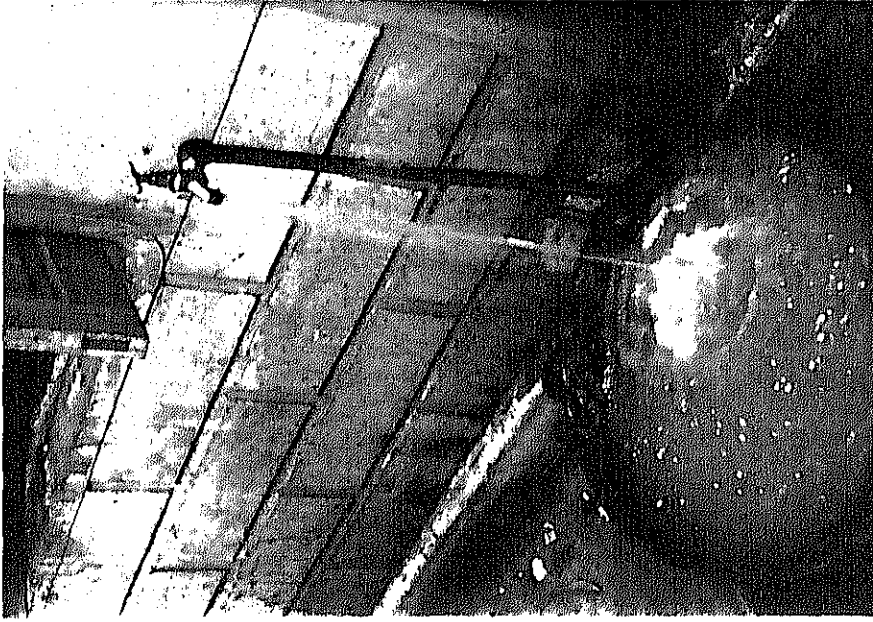
図・4-2-1 現況水道施設概略図



表・4-2-1 水道の現況(1980年)

項 目	内 容	備 考
面 積	800 mile ²	2072 Km ²
人 口	76,527 人	
1日当り水供給量	720,000 gallons	3,240 m ³
公共施設への給水 およびロス	210,000 gallons	956 m ³
給水人口	30,000 人	
1日当り実給水量	510,000 gallons	2,284 m ³
1人1日当り給水量	17 gallons	77 l
公共水道栓	148 個	
消 火 栓	50 個	
公営住宅 水道料金	5 %	年間レンタル料に対する比率
一般家屋(φ1/2")	20 Kyats/月	600円/月
水道料金による収入	408,467 Kyats/年	12,250 千/年
水道施設の運営費	221,077 "	6,630 "
純 益	187,390 "	5,620 "
既設配管		
10" (φ250mm)	2,290 ft	700 m
8" (φ200mm)	10,161 ft	3,100 m
6" (φ150mm)	13,327 ft	4,100 m
4" (φ100mm)	7,064 ft	2,200 m
TOTAL	40,211 ft	10,100 m
Irrawaddy 河の水位差	40.21 ft	12 m

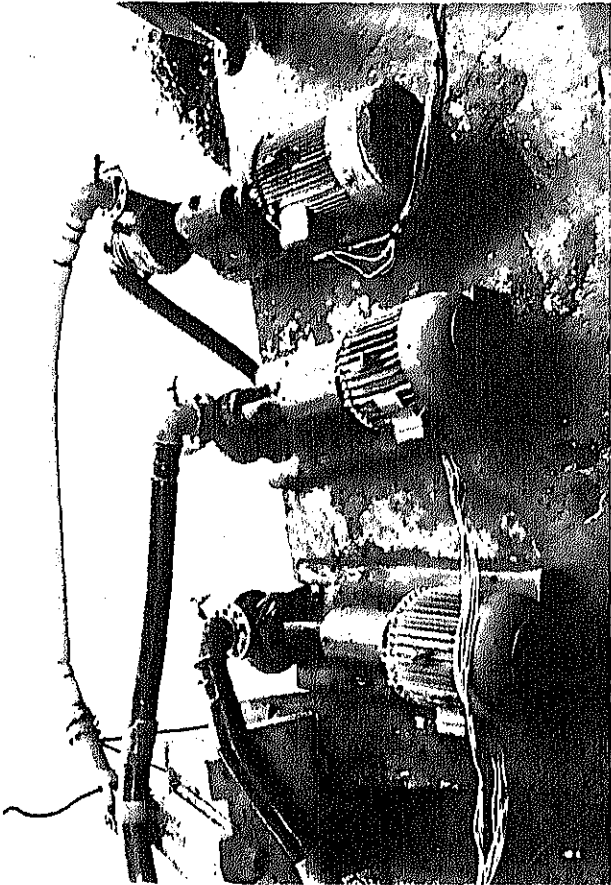
Fig.4-2-1



左 上 : Promme 既設水道のイラワジ川表流の揚水ポンプ

左 : 街路にある共同水栓

上 : 個人家庭用水栓



4-3 水道計画の策定

4-3-1 計画対象地域

Prome は、NAWIN, SHWEGU, KYAUNGGYI, SANDAW, SINZU, YWABAI KHI TTAYA-MYOTHIT および 1981 に旧市街地から統合された New Boundary Area 8 区からなる。このうち SHWEGU, KYAUNGGYI, SANDAW, SINZU の全区および、NAWIN, YWABAI の一部は、既存水道施設による配水区域となっており、さらに、住宅局によって、その拡充計画が行なわれている。Prome プロジェクトの計画対象地域は上記を除く、KHI TTAYA-MYOTHIT, New Boundary Area の全地域および、NAWIN, YWABAI の残された区域とする。

Prome の行政区劃と計画対象範囲は図・4-3-1-1 に示すとおりであり、区別人口と面積を表・4-1-3 に示してある。

計画対象区域を地形条件に合わせて分類すると、次の 3 地区になる。

A 地区：中央南部から張り出す丘陵部

B 地区：北部境界付近を東西に延びる低地部

C 地区：上記 A, B 地区を除く平坦地部

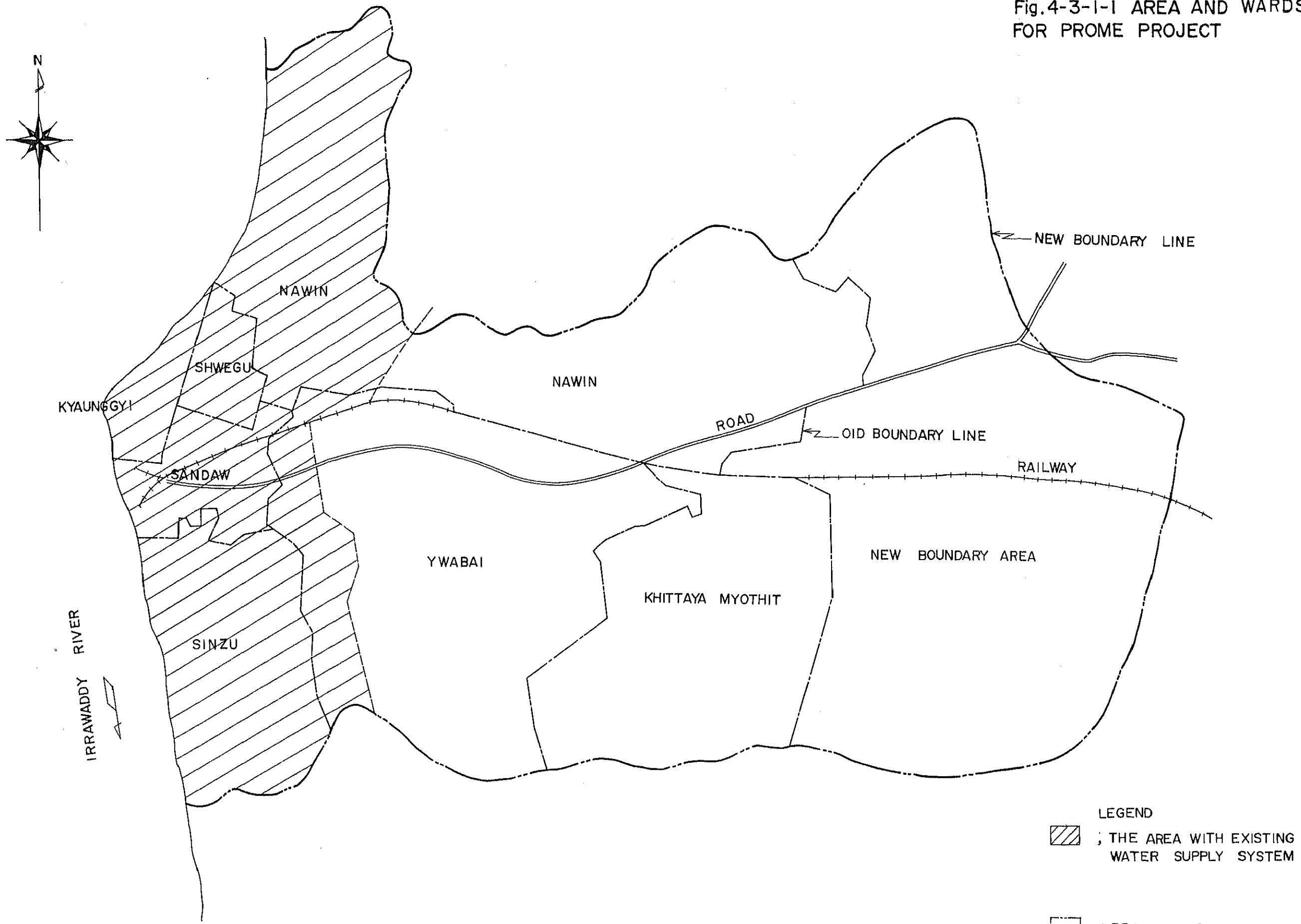
Prome 地区開発委員会から提示された将来の土地利用計画図によると既存住宅地、商工業用地、計画居住地域、カレッジ、飛行場等はすべて C 地区にあり、この地区が Prome プロジェクトにおける計画対象地域のうち給水対象地域である。(図・4-3-1-2、計画対象地域の土地利用概念図参照)

4-3-2 計画給水人口


目標年次は 10 年後 1991 年に設定した。

計画給水人口は表・4-3-2-1 に示すとおり 97,225 人である。これは 1978 年に行われた国勢調査の結果をもとに推計したものであるが、入手したデータでは Prome 独自の伸び率を設定することが困難であったため、全国平均伸び率の 2.2% によって算出した。

Fig.4-3-1-1 AREA AND WARDS FOR PROME PROJECT



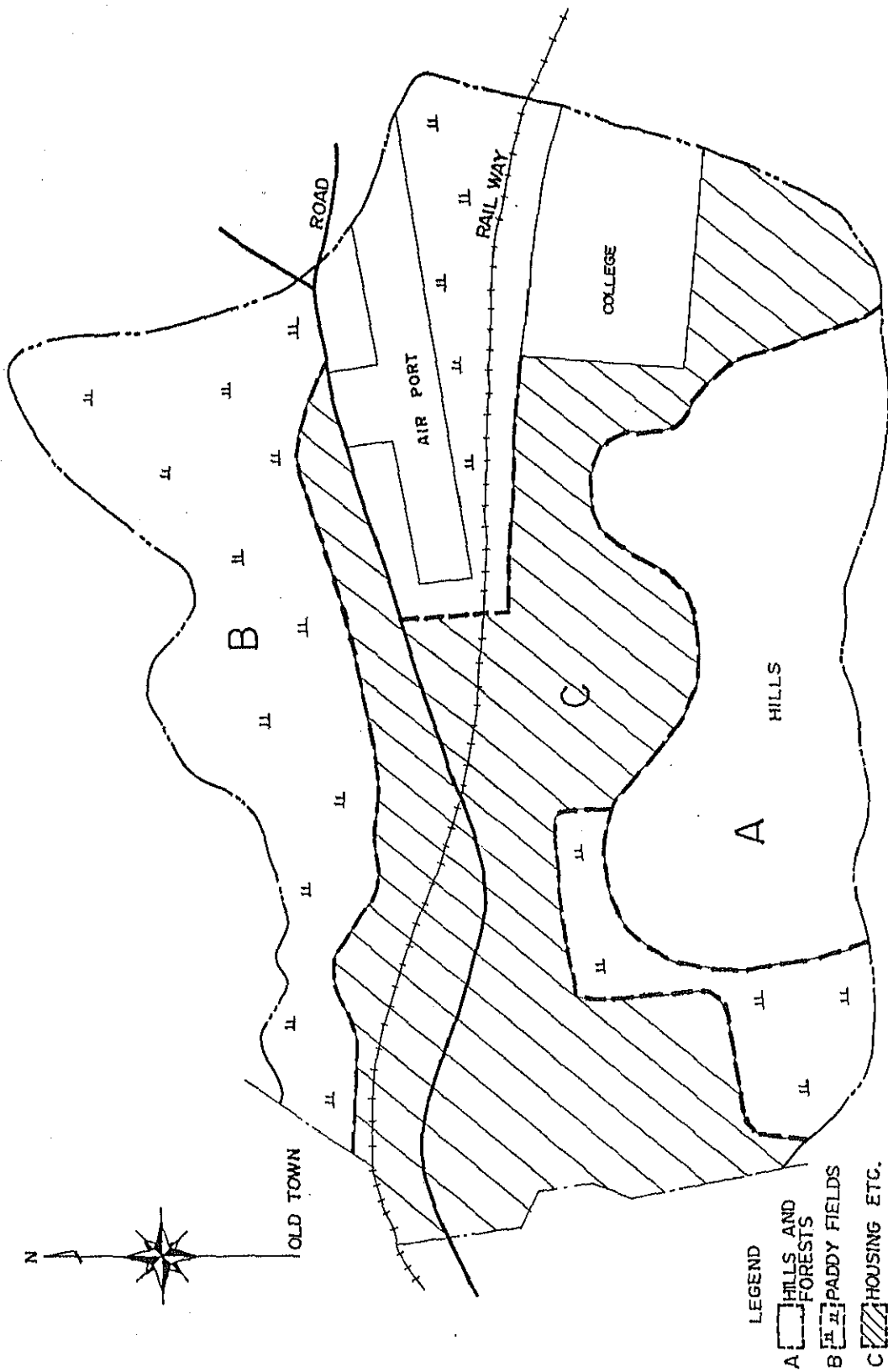
LEGEND

 ; THE AREA WITH EXISTING WATER SUPPLY SYSTEM

 ; PROJECT AREA

SCALE 1 : 25,000

图·4-3-1-2 Promé 地区土地利用計画
 Fig. 4.3.1.2 Land Use Plan of Promé



表・4-3-2-1 計画給水人口の推定

地区名	年度	人 口		
		1978	1981	1991
1. NAWIN		15,228	16,288	
2. SHWEGU		4,678	5,102	
3. KYAUNGGYI		5,286	5,658	
4. SANDAW		11,670	12,412	
5. SINZU		5,682	6,078	
6. YWABAI		15,643	16,730	
7. KHITTAYA-MYOTHIT		14,929	15,968	
8. New Boundary Area				
Total		73,152	78,146	97,225

出所：ビルマ政府

$$(73,152 \text{人} \times (1.022)^{13} = 97,225 \text{人})$$

但し、このうち30,000人に対する将来供給量は、Housing Departmentが行っている既存水道施設の拡充計画において補償されていることから、本計画における計画給水人口は、目標年次における総人口から30,000人を除いた人口、すなわち67,000人とした。

4-3-3 計画給水量

計画給水量は計画目標年における、生活用水、商工業用水、カレッジ、消火用水等の水需要量の総和である。

水需要の内訳は下記のとおりであり、計画給水量を表・4-3-3-1、表・4-3-3-2にまとめた。

a. 生活用水

生活用水 = 計画1人1日最大給水量 × 計画給水人口

$$= 0.195 \text{ m}^3/\text{人}/\text{日} \times 67,000 \text{ 人}$$

$$= 13,065 \text{ m}^3/\text{日}$$

b. 商工業用水

現在、商工業用に使用されている水量は、町全体で70,000 gallons/d

(約320 m³/d)であり将来の土地利用計画においても、商工業の伸びは極めて小さ

いと判断されることから、新空港への給水を含めて、 $1000m^3/d$ とした。

c. カレッジ

計画によると、カレッジの収容人員は教職員を含めて3,000人とされている。

1人1日当り最大給水量を $50l/d$ とすると、カレッジへの給水量は $150m^3/d$ となる。

d. 消火用水

$$20l/s \times 2時間 \times 1回/日 \times 3地区 = 432m^3/d$$

(R. C. D. C. の設計基準による。付録参照)

e. 計画給水量

$$\begin{aligned} a + b + c + d &= 13,065 + 1,000 + 150 + 432 \\ &= 14,647m^3/d \end{aligned}$$

$$\text{Approx. } 14,700m^3/d$$

表・4-3-3-1 計画諸元および計画給水量(給水対象地域)

項 目	内 容	備 考
① 目標年次における全Townの計画人口	97,225人	
② 既存施設の拡充による将来給水人口	30,000人	
③ 計画給水人口	≒ 67,000人	① - ②
④ 1人1日平均給水量	150l	
⑤ 1人1日最大給水量	195l	④×1.3*
⑥ 1日最大計画給水量	14,647m ³ /d	
生活用水	13,065 "	
その他	1,582 "	
⑦ 計画給水量	14,700 "	

* 1.3は1人1日平均給水量に対する負荷率

表・4-3-3-2 計画諸元および計画給水量(全Town)

項 目	内 容	備 考
① 既存人口(1981)	78,146 人	
② 計画人口(1991)	97,225 人	
③ 1人1日平均給水量	150 ℓ	
④ 1人1日最大給水量	195 ℓ	③ × 1.3
⑤ 1日最大計画給水量	20,959 m ³ /d	
生活用水	18,959 #	② × ④
そ の 他	2,000 #	
⑥ 既存施設による給水量	3,240 #	
⑦ 計画給水量	17,719 #	⑤ - ⑥

4-3-4 水源計画

本プロジェクトの計画対象地域は、図・4-3-1-1に示す既存水道施設を有する区域を除いた残りの区域とする。

この計画対象区域は、その大部分がタハール報告書による“Well Field”地区に含まれ、今回実施した電気探査結果や諸資料によっても、地下水量が豊富であることが十分予想される。

また、この区域は、Irrawaddy 河から離れているため、Irrawaddy 河表流水を水源とする計画では、その設備や維持管理に多額の費用を要するなどの不利な条件が多い。

よって、Magwe と同様に、水源は Irrawaddy 河表流水とせず、当地区内に豊富に賦存する地下水に求めることとした。

別の極部即可

4-4 地下水開発計画

4-4-1 水理地質概要

Prome は構造地質的に、中央第三紀層分布帯に属し、Irrawaddy 湾入帯の最北端部に位置している。(図・2-2-2-1参照)Magwe および Prome の水理地質図は図・3-4-1-1に示した。旧市街地の南に位置する Shwe Sandaw Pagoda のある丘陵地は、Pegu 層群から成り、この地層は中新世~漸新世に属する地層で、主として堅硬な細粒砂岩からなり、この地域の難透水層ないし不透水層基盤を形成する地層であ

る。本層の構造は南北方向に軸を持つ背斜構造をなし、北方および東方はこれを覆い Irrawaddy 層群が広く分布し、低地帯は沖積層に覆われている。水理地質図は図・3-4-1-1 に示した。

また Shwe Sandaw Pagoda のある丘陵の東方には、中間に低地を挟み、北西から南東に連る起伏に富む丘陵が分布し、そこに分布する地層は Irrawaddy 層群である。

Prome は Irrawaddy 湾入帯の北端に位置することと、Pegu 層群が地域の南西部に分布することから、地質学的にみればここに分布する Irrawaddy 層群は浅海性の推積層で、層相の横への変化はかなり激しく、またその層厚もあまり厚くないものとみなされる。

4-4-2 帯水層

Prome 地域の帯水層の性状を把握するため、既存資料収集、井戸の現地調査および電気探査を実施した。

電気探査は東西に延びる鉄道線路に並行して、その北側に A-A' 測線 13 測点 (測点間隔 500 m)、南側に B-B' 測線 14 測点 (測点間隔 500 m) をとり、ウエンナー 4 極法による垂直探査を実施した (写真・4-4-2-1 参照)。電極間隔は次の通りである。

a	1 ~ 10 m	10 ~ 32 m	32 ~ 72 m	72 ~ 152 m	152 ~ 200 m
電極間隔	1 m	2 m	4 m	8 m	16 m

探査結果は、 $\rho \sim a$ 曲線および比抵抗断面図を作成し $\rho \sim a$ 曲線は付録に、また測点配置図は図・4-4-2-1 に、比抵抗断面図は図・4-4-2-2 に示した。

これらの結果より、比抵抗層の区分は上部より A-A' 測線では 5 層に、B-B' 測線では 4 層に区分される。

A-A' 測線

第 1 層；表土および砂、粘土等で 10 ~ 20 $\Omega \cdot m$ の比抵抗値を示す。

第 2 層；80 ~ 120 $\Omega \cdot m$ の比抵抗値を示し、砂、小礫を主体とする帯水層と考えられ、帯水も十分と思われる。

第 3 層； $\#5 \sim \#11$ 測点付近に分布し、東部では 20 ~ 50 $\Omega \cdot m$ の比抵抗値が得られ、粘土を主体とする難~不透水層と考えられる。西部では 50 ~ 70 Ω

- m の値を示し、透～難透水層と思われる。

第4層； $40 \sim 70 \Omega - m$ の比抵抗値が得られ、砂または小礫および粘土の互層をなし、透～難透水層と考えられる。一部 $\#1 \sim \#4$ 測点付近では、比抵抗値は $20 \sim 30 \Omega - m$ と小さいが、上下の比抵抗値から考えて、同様に透～難透水層と考えられる。

第5層； $\#1 \sim \#4$ 測点付近では、 $10 \Omega - m$ 程度の比抵抗値で、難～不透水層としたが、Pegu層群の粘土質な砂岩層と推定される。

B - B' 測線

第1層； $40 \sim 250 \Omega - m$ の比抵抗値で、非帯水の表土、砂、粘土等である。

第2層； $20 \sim 50 \Omega - m$ の比抵抗値で、粘土を主体とする難～不透水層と考えられる。 $\#17$ 測点付近は一部 $200 \Omega - m$ の高比抵抗値が測定され、局部的に砂および小礫等が顕著に分布する透水層と思われる。

第3層； $\#12 \sim \#16$ 測点付近には $20 \sim 40 \Omega - m$ の比抵抗値が得られ、A測線と同様Pegu層群の粘土質な砂岩層と推定される。

以上の結果から、A - A' 測線においては、西部では第2層、東部ではそれに連続する第3層の透～難透水層が主要帯水層である。

B - B' 測線においては、第2層および第3層に主要帯水層が存在している。

また、難～不透水層としたものは、概ね基盤岩かそれに類する地層である。この地層の上面はかなり起伏に富んでいるが、その深度即ち、帯水層の存在する下限深度は、地域の西端部では $100 m$ 前後であるが、鉄道と幹線道路との交叉点付近から東側では $150 m$ またはそれ以上の深度である。

Promeの既設井の資料を表・4-4-2-1に示し、井戸柱状図は付録に収録したが、これら井戸深度はいづれも $35 \sim 50 m$ で、帯水層を確かめる判断材料とはならなかった。

しかし、Promeから 10 数km北方のNational Cattle Breeding & Research Centerの井戸では、深度 $104.6 m \sim 148.5 m$ の間に細礫混り粗粒砂層があり、この地層は良好な帯水層である。

これらの資料とIrrawaddy層群の帯水層の状況ならびに電気探査の結果を勘案すれば、帯水層の下限深度は平均 $150 m$ となり、また塩分濃度の問題をさけた深度 $40 m$ 以下で深 $150 m$ の間に揚水の対象となりうる帯水層が存在し、その層厚は前述のResearch

Fig.4-4-2-1 LOCATION MAP
ELECTRICAL SURVEY & EXISTING WELLS
OF PROME

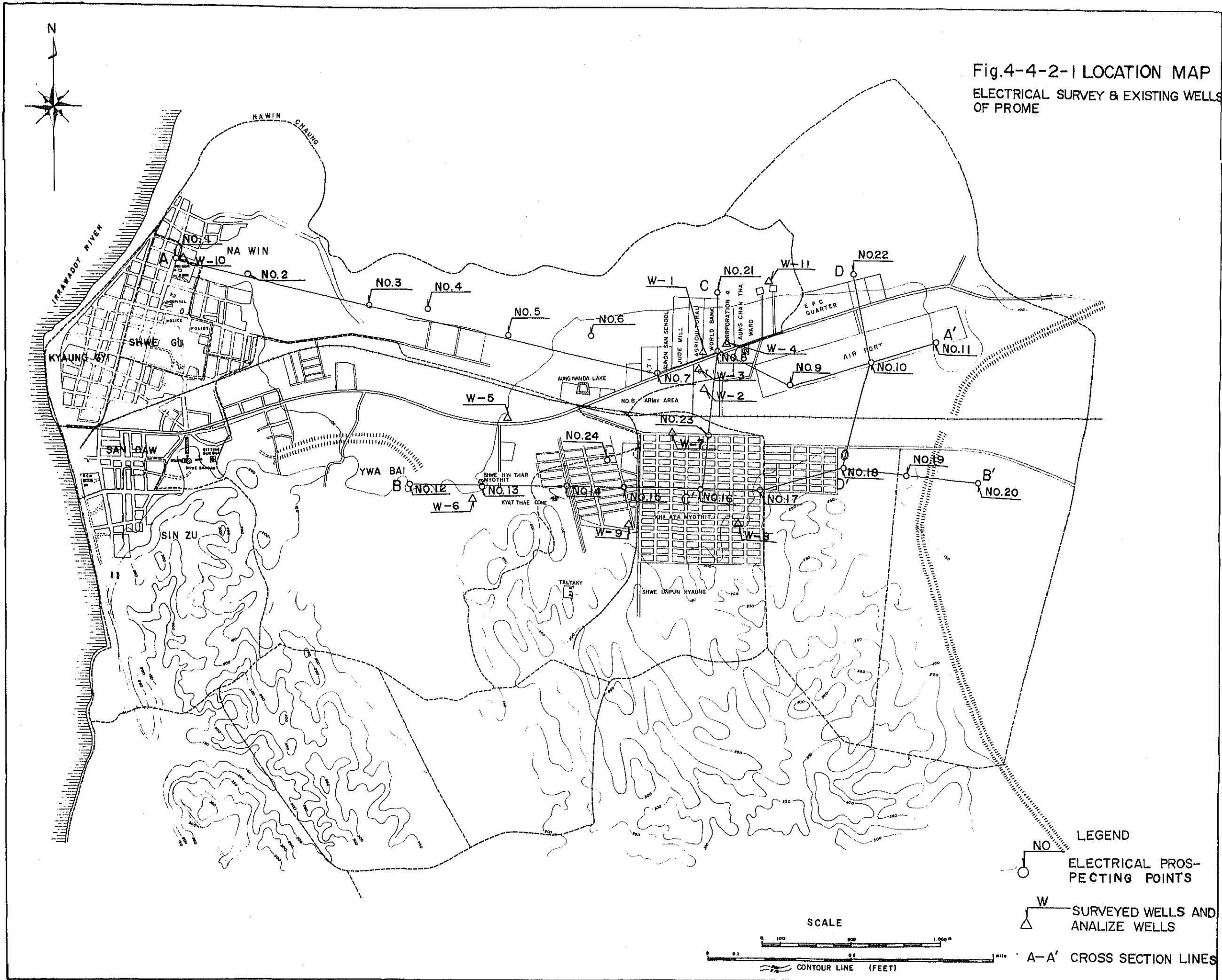
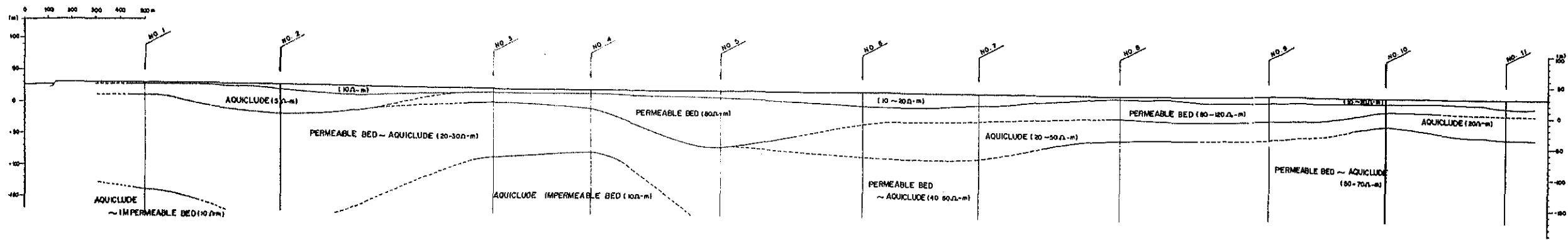
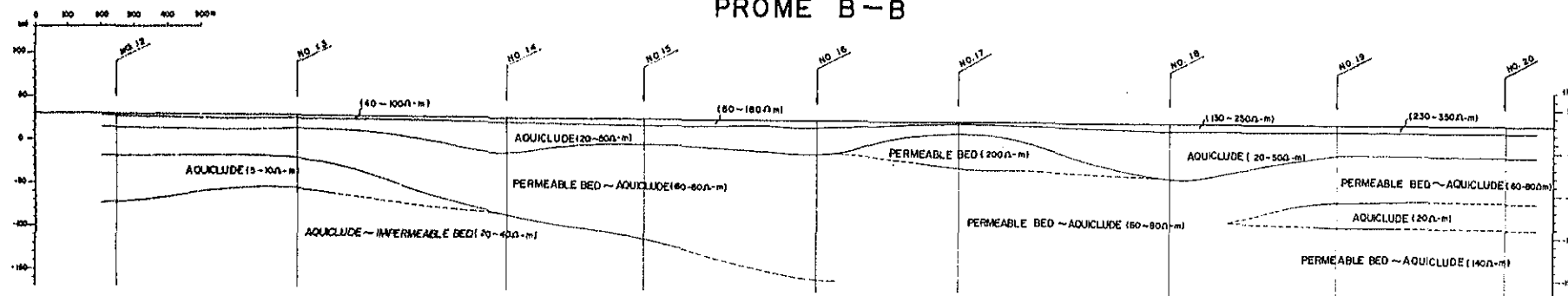


Fig.4-4-2-2
RESISTIVITY PROFILES OF PROME

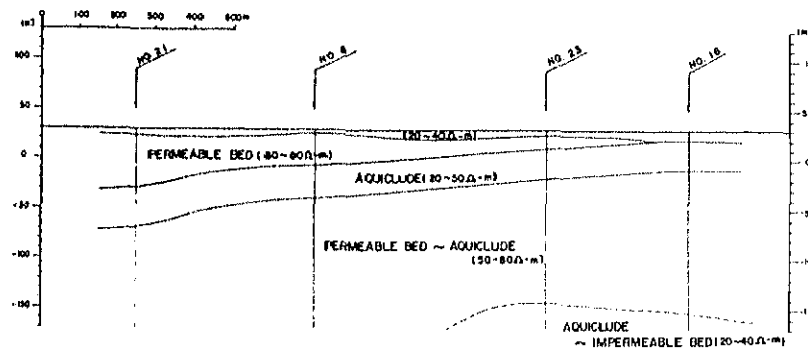
PROME A-A'



PROME B-B'



PROME C-C'



PROME D-D'

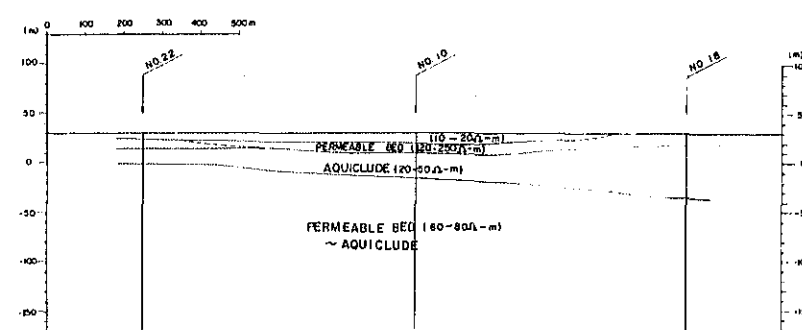
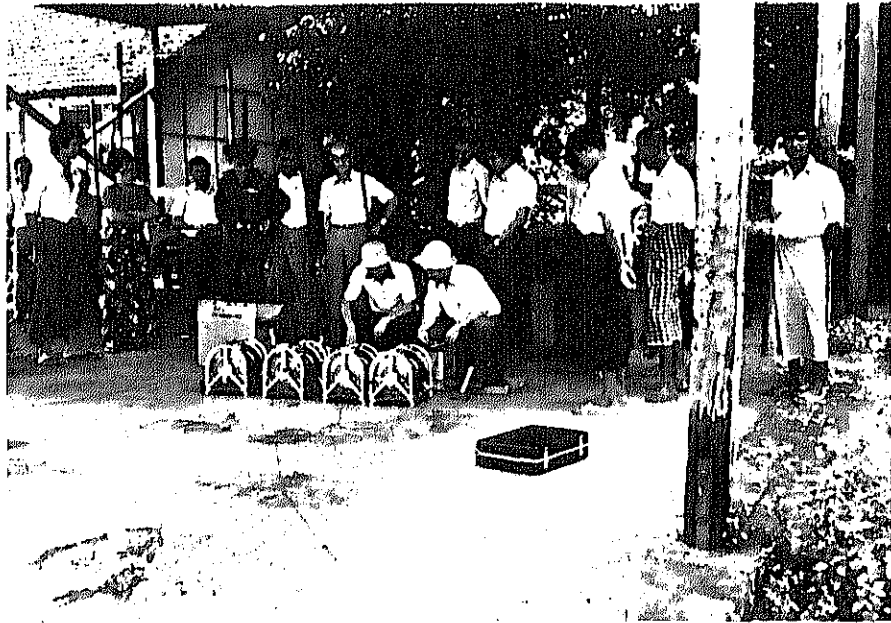


Table 4-4-2-1 LIST OF EXISTING WELLS IN PROME

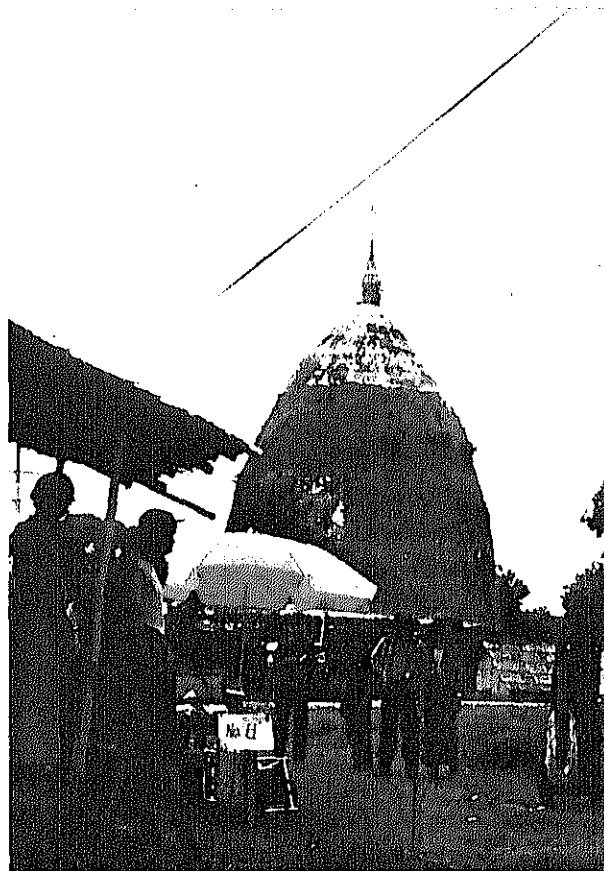
No.	Name of well & situation.	Static water level (m)	Pumping water level (m)	Screen length (m)	Casing length (m)	Total length (m)	Casing diameter (m)	Water temperature (°C)	Yield m ³ /hr	Well depth (m)	Remarks
1.	Timber Corporation	1.8 2 8 8	1.9 8 1 2	6.0 9 6	3 0.4 8	3 6.5 7 6	0.2 0 3 2	2 9.7	4 5.4 6	3 6.5 7 6	
2.	G.T.I No. 1	5.1 8 1 6		6.0 9 6	3 0.4 8	3 6.5 7 6	0.2 0 3 2	2 8.5	4 5.4 6	3 6.5 7 6	
3.	G.T.I No. 2	4.8 7 6 8		6.0 9 6	2 8.0 4 2	3 4.1 3 7 6	0.1 5 2 4	2 8	1 3.6 3 8	3 6.5 7 6	
4.	C.C Divisional Stores	5.1 8 1 6				3 2.9 1 8 4	0.1 0 1 6	2 9	1 8.1 8 4	3 6.5 7 6	
5.	Khittayar Garden Tubewell	4.8 7 6 8				3 3.8 3 2 8	0.0 7 6 2	2 8	2 7.2 7 6	3 5.0 5 2	
6.	Shwehintha Qr.	6.0 9 6		6.0 9 6		4 8.7 6 8	-	2 8.2 5	-	4 8.7 6 8	
7.	Thayaykhittayar Newtown	9.4 4 8 8		1.8 2 8 8		2 7.4 3 2	0.0 5 0 8	2 8.5	5.4 5 5 2		
8.	Municipal well Newtown	1 0.6 6 8		3.0 4 8		3 3.5 2 8	0.1 0 1 6	2 8	8.1 8 2 8		
9.	Irrigation compound.	1 3.7 1 6	1 6.3 0 6 8	1.8 2 8 8		6 7.0 5 6	0.1 0 1 6	2 8.2 5	4.5 4 6		
10.	Jail (Prison)	1.5 2 4		1.5 2 4	4 7.5 4 8	4 9.0 7 3	0.2 0 3 2	3 3.5	2 2.7 3		
11.	Hot Spring (Hand dug well)										

SOURCE: MINISTRY OF HOME AND RELIGIOUS AFFAIRS

Fig. 4-4-2-1



電気探査機器ES-G2とその測定用具



Prome, 電気探査測点No. 8, 古い時代のバゴダのそばで

show it

Center 井のデータなどに基づけば 30 m はあるものと予想される。よって本プロジェクトにおいては帯水層厚を 30 m と定めた。

帯水層の常数は、既設井において揚水試験がなされていないので、Magwe 同様 Rangoon 北部の揚水試験結果（表・3-4-2-2 参照）を基準とした。

Prome と Rangoon はビルマ構造地質図（図・2-2-2-1）にあるように、同じ Irrawaddy 層群に属するが、その距離は 200 Km 離れ、さらに両者の堆積環境の相違も考慮すれば、Prome の帯水層の透水係数は Rangoon のそれよりも小さな値と推定される。よって総合的に判断すれば、表・3-4-2-2 No.1 井の透水係数 $8.38 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ と、Magwe の透水係数 $5 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ との中間にあるものと予想されるので、Prome における透水係数を $7 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ と推定した。

Prome の帯水層の分布範囲は、Pegu 層群の露頭およびそれが浅層に分布する地区を除いた地域で、また帯水層の下限深度は場所によっては 150 m 以上あるが、これを平均 150 m とみなし、また帯水層の厚さを 30 m と推定した。

4-4-3 地下水の水質

地下水の水質調査のため、既存井戸 11ヶ所で採水し分析した。試験所、分析項目は Magwe と同様で、分析結果は付録に収録した。

採水井の位置は、図・4-4-2-1 測点配置図に示した。

水質は No.11 を除き水温 $28 \sim 29.7^\circ\text{C}$ 、pH は No.10 を除き $6.6 \sim 7.8$ で弱アルカリ性である。

鉄、マンガンの含有量の多い一群の井戸を除き、全体的には溶存成分の少ない良好な水道水に適した水である。

井戸 No.1, 2, 3, 4 は極く接近した井戸で、鉄およびマンガンの含有量が多いので、この付近で生産井を掘さくする場合は、鉄分含有量を確かめる必要がある。No.11 は自噴井で水温の高い (33.5°C) ことと、カルシウムおよびマグネシウムが著しく多いことが特徴である。

4-4-4 地下水賦存量

Prome の地下水賦存量は Magwe と同様の基準で求めた。

$$V = A \times S \times E$$

ここに

V ; 地下水賦存量 (m^3)

A ; 面積 (m^2)

S ; 帯水層厚 (m)

E ; 有効空隙率 (%)

A ; 面積は次の2地区に区分する。

1) Pegu 層群が露出している地帯ないしは地表下 50 m 以浅層に分布している地帯は、面積から除外。

2) 町域から 1) を除いた面積 ; 24,800,000 m^2

S ; “4-4-2 帯水層”により 30 m とする。

E ; 16 %

注) - 有効空隙率の判定は Magwe と同様で、帯水層の粒度組成および空隙率は、Magwe (13%) と Rangoon (15~20%) の中間にあるものと推定、16% とした。

$$\therefore V = 24,800,000 \times 30 \times 0.16 = 119,040,000$$

$$\approx 120,000,000 \text{ } m^3$$

この賦存量は地下水の補給および流動を考慮しない現在の水量である。

地下水の補給は、地域北部の NAWIN CHAUNG 流域では、河川および湿田からのものがある。Prome 地域の降水による水収支は、年間総量で蒸発量が降水量を上廻るが、雨季においては降水量は蒸発量の 2~3 倍に達しているため、雨水の浸透による補給が考えられる。

また賦存面積を町域に限定したが、地下水位の低下に伴い周辺地区からの流動補給もあり、水源としての地下水賦存量は十分である。

4-4-5 1井当り揚水量、井戸間隔および井戸深度

Prome における既設井戸資料は表・4-4-2-1 に示すとおりである。

既設井の揚水量は、45.46~45.5 m^3/hr と差が大きいので、揚水可能量の設定は困難である。そこで Timber Corporation 井 (表・4-4-2-1 ㉞1井) において2時間の連続揚水を行った。その結果は揚水量約 45 m^3/hr , 静水位 1.82 m , 揚水水位 1.98 m , 水位降下 16 cm であった。

㉞1井は深度 36.57 m , 孔径 200 mm で本プロジェクトの井戸深度よりかなり浅い。しかし帯水層が良好な場合は、わずかな水位降下で 1000 m^3 /日の揚水が可能と判断されるので、1井当り平均揚水量を 1000 m^3 /18hr とした。

井戸間隔は、Magwe と同様の見解により、最小井戸間隔を 500 m とした。

井戸深度は、“4-4-2 帯水層”より、生産井および水位観測井の平均深度を150mとし、調査井は生産井より若干深く、深度200mとした。

4-4-6 実施計画

Prome の計画給水量は14,700m³/日である。これに対し、1井当り平均揚水量は1,000m³/日であるから、生産本数は15本として、合計15,000m³/日の揚水量である。

地下水開発に当っては、Magweと同様な理由により生産井4本を調査段階を経ずに掘さくし、残りの11井は調査井を先行させる。

全井戸本数は次の通りである。

- 生産井 15本(4本は先行する)
- 調査井 11本
- 観測井 (揚水試験用) 26本
- # (水位観測用) 3本

生産井は計画対象区域の分割に合せ、各地区の計画水量に従い配置した。

	生産井数	生産井先行数	調査井先行数
A地区	6本	(1)	5
B地区	7本	(1)	6
C地区	2本	(2)	0
計	15本	(4)本	11本

生産井、調査井の配置および開発順序は、生産井については1~4の順位、調査井については5~15の順位とし、水位観測井の位置とともに、図・4-4-6-1に示してある。

1) 生産井

生産井の構造は、Magweと同様とし、生産井、調査井、観測井の構造図を図・4-4-4-6-2に示した。生産井の作業工程はMagweと同様で、所要日数は次の通りである。

作 業 内 容	日 数
設営、組立	2 日
表土掘削(最深10m)	0.5 #
口元管セット	0.5 #
掘削(140m)	5 #
電気検層	1 #
ケーシング(130m)およびスクリーン(20m)	0.5 #
砂利充填	0.5 #
排 泥	2 #
揚水試験	2 #
移動撤去	2 #
計	16 #

さく井機1台当りのクルー編成等はMagweと同様とし、1クルー8名編成とする。

2) 調査井

調査井の掘さく予定地点は、生産井と同じ地点とし、その掘さく順序は図・4-4-6-1に示した。深度は度は平均200mとするも、250m位まで掘さく可能な付属品を用意した。

作業工程はMagweと同様で、所要日数は次の通りである。

作 業 内 容	日 数
設営、組立	2 日
表土掘さく(最深10m)	0.5 #
口元管セット	0.5 #
掘さく(190m)	6 #
電気検層	1 #
ケーシング(180m)及びストレーナー(20m)	1 #
エアリフト(揚水試験)	2 #
移動撤去	2 #
計	15 #

3) 観測井

観測井は Magwe と同様、揚水試験用観測井 26 本および水位観測用観測井 3 本、計 29 本とする。

揚水試験用観測井は、生産井および調査井から 5 m 離れた位置に掘削する。水位観測用観測井の位置は図・4-4-6-1 に示した。

作業工程は Magwe と同様で、所用日数は次の通りである。

作業	観測井	生産用井 水位観測用(150 ^m)	調査井用(200 ^m)
設営、組立		2 日	2 日
表土掘削		0.5 //	0.5 //
口元管セット		0.5 //	0.5 //
掘削		4 //	5 //
ケーシング及びストレーナー装着		0.5 //	1 //
移動撤去		2 //	2 //
計		9.5 //	11.0 //

4) 変圧器および揚水施設

電力は高圧(11,000V)で送電されたものを400Vに降圧し、水中モーターポンプにより揚水する。水中ポンプの容量は0.95 m³/min、揚程は74~86mとし、30kWのポンプを設置する。

5) 生産井設置に要する総作業日数

Magwe におけると同様に、さく井作業の開始から生産井をすべて完成させるまでの期間を2年間とすれば、次のような作業日数となる。

a) 工期からの日数

i) 工期；2年間

ii) 稼動可能月数； 8ヶ月/年×2年=16ヶ月

iii) 稼動日数；25日/月×16ヶ月=400日

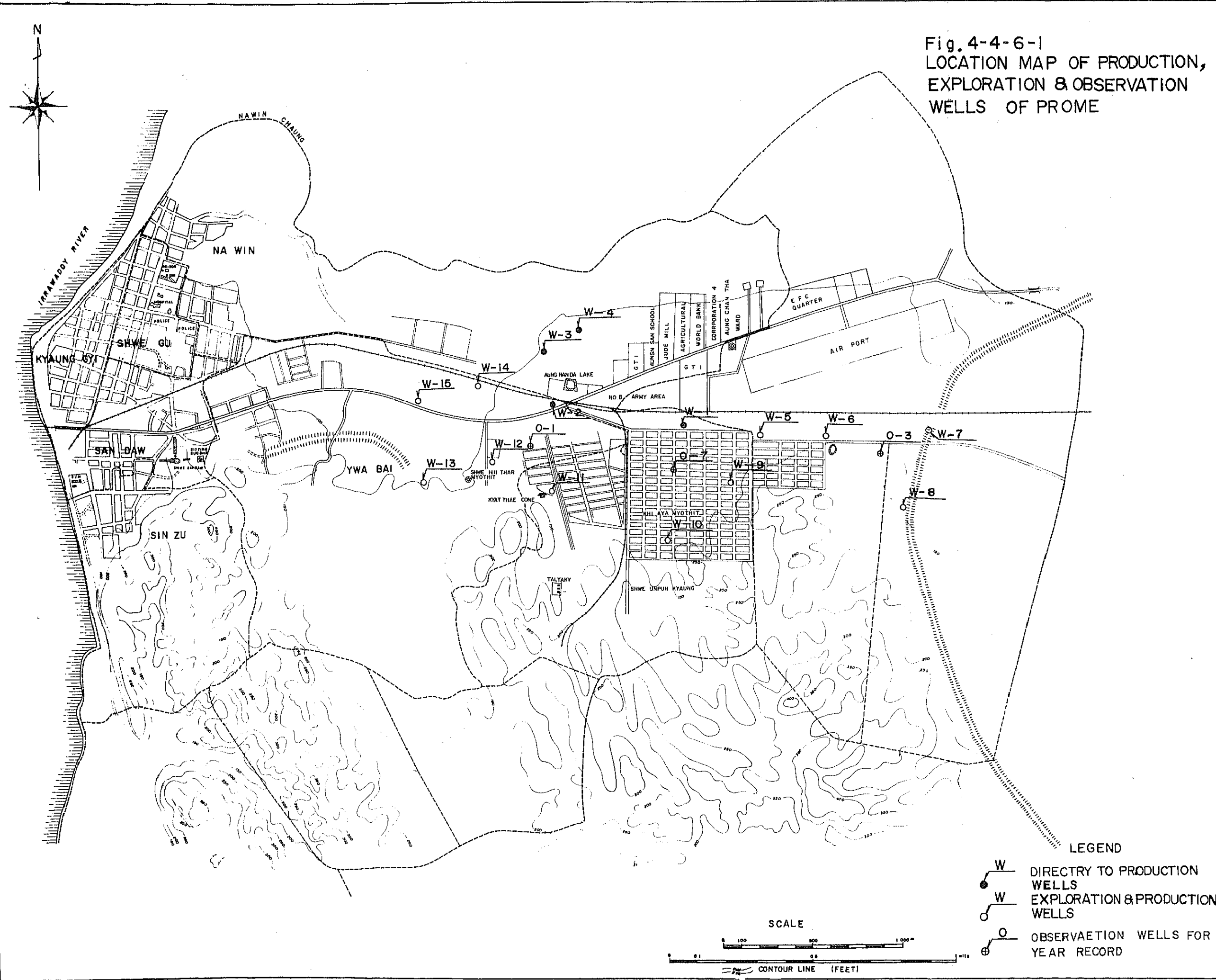
iv) さく井用機械2台による稼動可能日数；400日×2台=800日

b) 作業工程からの所要日数は生産井および調査井に観測井を加えた日数となる。

$$\text{生産井：} (16\text{日/本} + 9.5\text{日/本}) \times 15\text{本} = 382.5\text{日}$$

$$\text{調査井：} (15\text{日/本} + 11.0\text{日/本}) \times 11\text{本} = 286.0\text{日}$$

Fig. 4-4-6-1
 LOCATION MAP OF PRODUCTION,
 EXPLORATION & OBSERVATION
 WELLS OF PROME



PRODUCTION

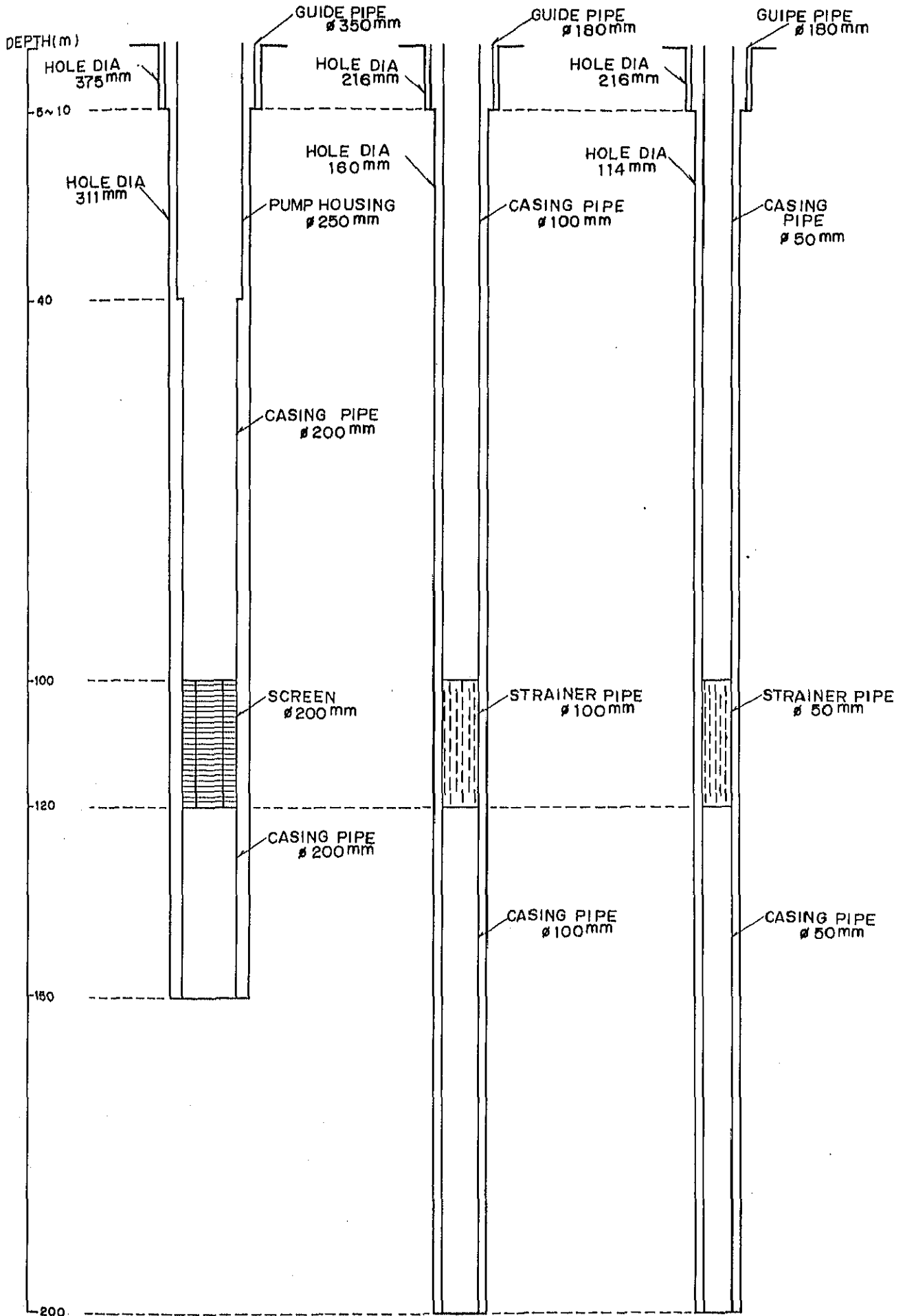
EXPLORATION

OBSERVATION

WELL

WELL

WELL



図・4-4-6-1 プロム井戸工程表
 Table 4.4.6.1 Work Schedule in Prome

YEAR & MONTH ITEM OF WORK	FIRST YEAR												SECOND YEAR											
	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PRODUCTION WELLS	WELL NO. 5-4																							
	WELL NO. 5-8												WELL NO. 5-12											
EXPLORATION WELLS	WELL NO. 5-11												WELL NO. 12-15											
													OBSERVATION WELL											

水位観測井； 9.5 日 × 3 = 28.5 日

合計 697 日

作業工程からの日数は、工期による日数より少く、十分余裕をもって作業を実施できる。

生産井、調査井、観測井の工程表を表・4-4-6-1に示した。

4-5 水道施設計画

4-5-1 施設基準

本プロジェクトに関する設計基準は Rangoon City Development Committee (R.C.D.C.) から与えられた “Design Criteria for Towns Water Supply” (付録参照) に準ずることとしたが、現地調査を通じて得られた情報および R.C.D.C. との協議の結果から計画の基準となる諸元を次のように定めた。

1) 計画目標年 1991年(10年後)

2) 単位水量

計画1人1日平均給水量 150 ℓ/d

計画1人1日最大給水量 $150 \times 1.3 = 195$ ℓ/d

3) 時間最大給水量 $195 \times 1.5 = 292.5$ ℓ/d

4) 水源 深井戸(100m以上)

5) 揚水施設 水中モーターポンプ

6) 導水管および配水管 ダクタイル鋳鉄管

7) 貯水施設

地下水槽 構造：鉄筋コンクリート

容量：日配水量の6時間分

高架水槽 構造：鉄筋コンクリート

容量：日配水量の7時間分

4-5-2 施設の概要

計画は水質試験結果より飲料水に適合したものとし、浄水処理を行わないことを原則として揚水→導水→貯水→配水→給水という方式を基本システムとした。(図・4-5-2-1参照)

施設のレイアウトは、図・4-5-2-2、図・4-5-2-3施設概要図(I)(II)に示

図・4-5-2-1 施設の計画系統図

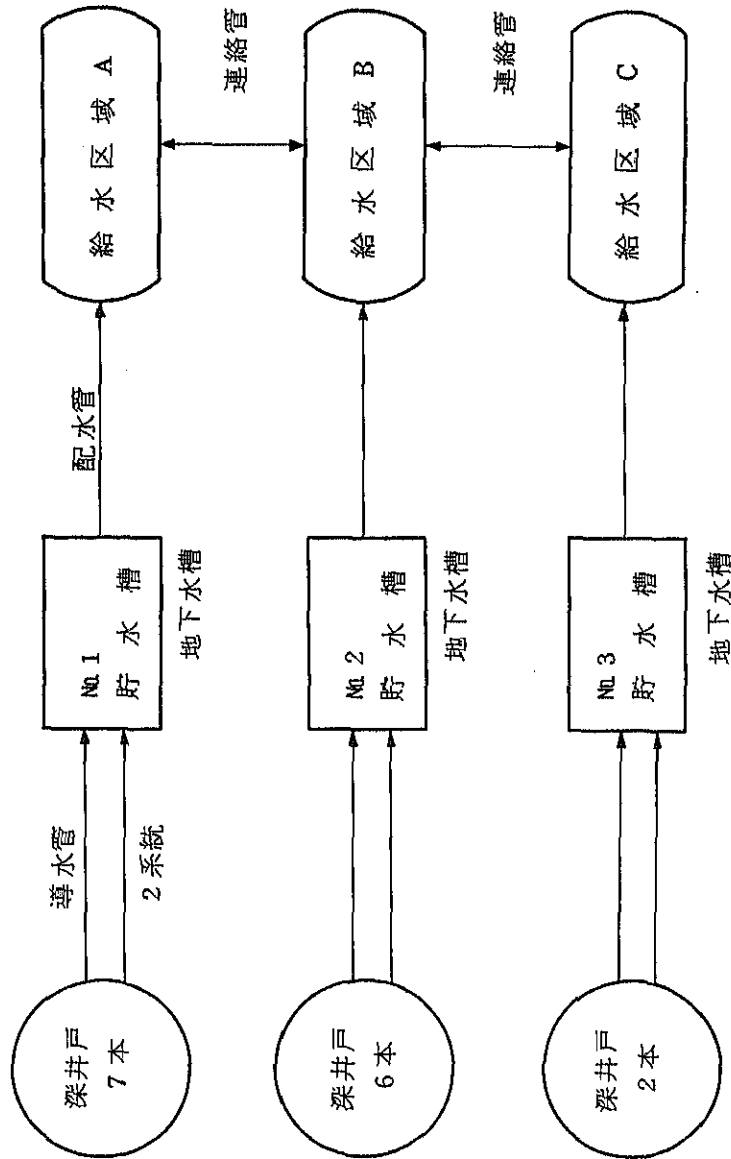
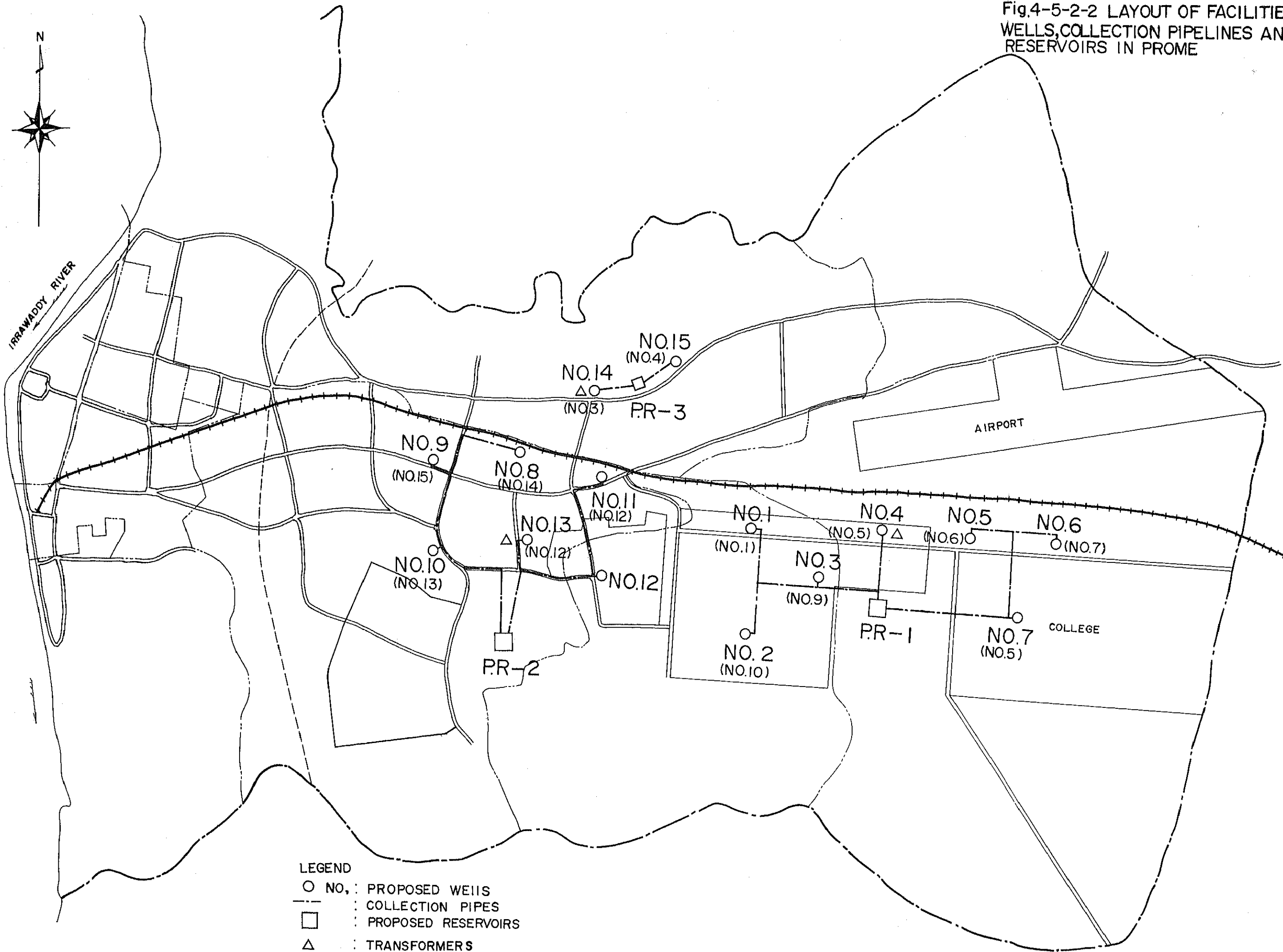


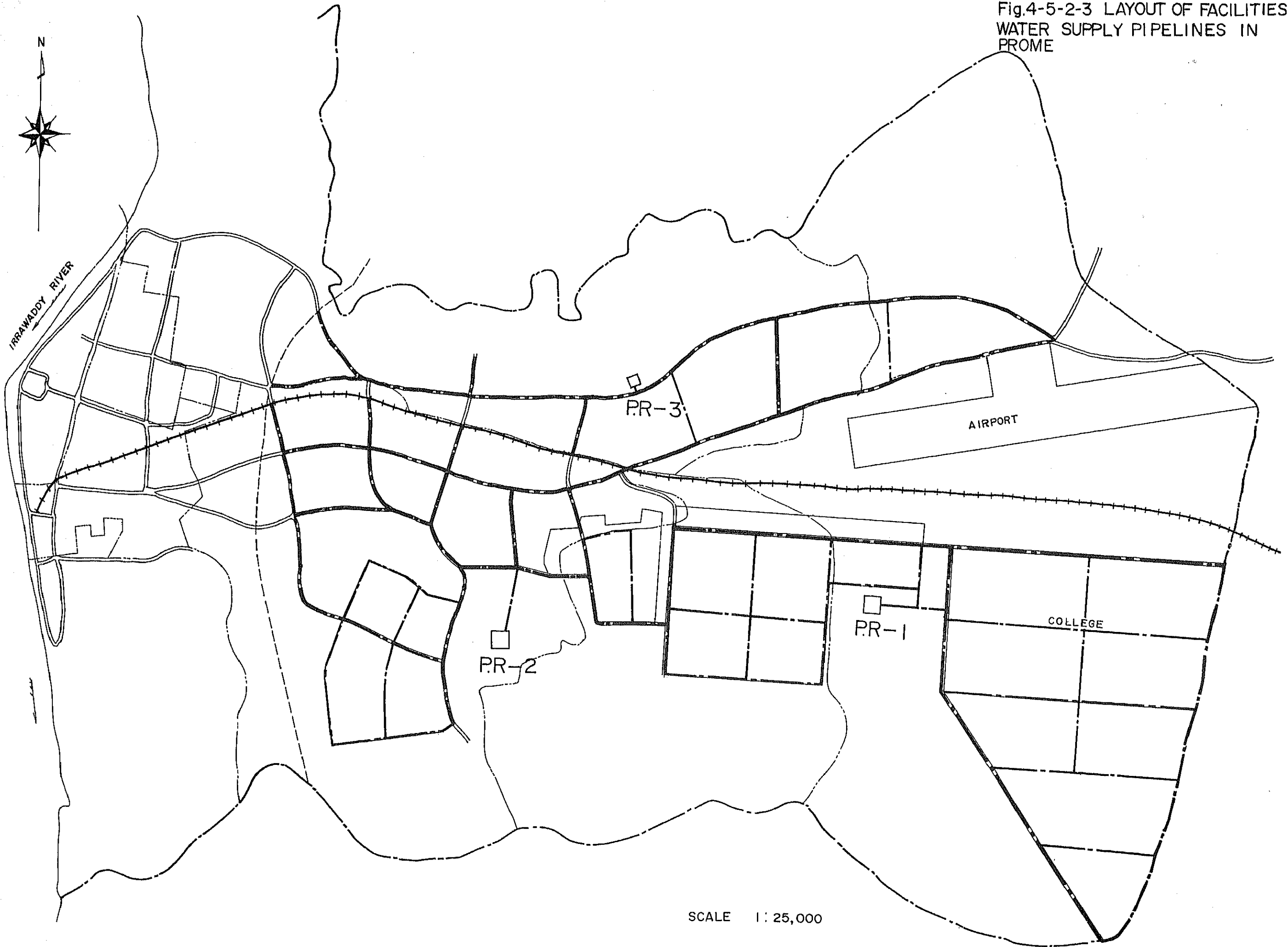
Fig.4-5-2-2 LAYOUT OF FACILITIES(I)
WELLS, COLLECTION PIPELINES AND
RESERVOIRS IN PROME



- LEGEND
- NO. : PROPOSED WELLS
 - : COLLECTION PIPES
 - : PROPOSED RESERVOIRS
 - △ : TRANSFORMERS
 - (NO.) : NUMBER OF PRODUCTION AND EXPLORATION WELLS

SCALE 1 : 25,000

Fig.4-5-2-3 LAYOUT OF FACILITIES(II)
WATER SUPPLY PIPELINES IN
PROME



SCALE 1:25,000

すとおりであり、この決定に当っては次のことを条件とした。

1) 井戸1井当り取水量および井戸間隔

井戸1井当り取水量	1 0 0 0 m^3/d
最小井戸間隔	5 0 0 m

2) 導水管

井戸群から各貯水槽への導水管は井戸および管路の故障時を考慮し2系統とする。

3) 給水地域の分割

給水地域を人口分布および立地条件に合わせ3分割し、各々において単独配水ブロックシステムをつくり、連絡管で相互関連をもたせる。

4) 地形的条件の利用

給配水は重力式で行うものとし、貯水施設は各給水区域に比較的近い山地を利用する。ただしC地区については全面的にフラットな地形であるため、高架水槽とする。

4-5-3 施設の規模

次項の容量計算(4-5-4)、その他から各施設の規模を以下のように決定した。

1) 取水施設

a) 取水井

計画取水量	1,000 $m^3/d/井$
井戸本数	15本
深 度	150 m
孔径 上部	375 mm
下部	311 mm
ケーシング孔径	200 mm
グランベルウォール	ϕ 3 $mm \sim \phi$ 10 mm

b) 取水ポンプ室

構造	レンガ造	4.0 $m \times$ 4.0 m
建築面積	16 m^2	
棟数	15棟	

c) 取水ポンプ

電動出力	30 kW	15台
------	-------	-----

2) 導水施設

○ 導水管

管 径	管 種	延 長
$\phi 200 \text{ mm} (\phi 8'')$	ダクタイル鋳鉄管 1 種	3,650 m
$\phi 250 (\phi 10'')$	ダクタイル鋳鉄管 1 種	1,750 "
$\phi 300 (\phi 12'')$	ダクタイル鋳鉄管 1 種	2,250 "
$\phi 350 (\phi 14'')$	ダクタイル鋳鉄管 1 種	100 "

○ 各種異形管 一 式

○ 空気弁 10ヶ所

○ 仕切弁 17ヶ所

3) 貯水施設

貯水槽

呼び名	構 造	容 量
P.R. № 1	地下式 R C 構造	1,700 m^3
P.R. № 2	地下式 R C 構造	1,600 m^3
P.R. № 3	高架 R C 構造	290 m^3

4) 配水施設

○ 配水管

管 径	管 種	延 長
$\phi 150 \text{ mm} (\phi 6'')$	ダクタイル鋳鉄管 1 種	30,500 m
$\phi 200 \text{ mm} (\phi 8'')$	ダクタイル鋳鉄管 1 種	400 m

○ 各種異形管 一 式

○ 空気弁 30ヶ所

○ 仕切弁 82ヶ所

○ スタンドパイプ 50ヶ所

○ 消火栓 50ヶ所

4.5.4 計算結果

1) 取水および導水施設

表・4-5-4-1 ポンプ揚程

Number of wells	Ground level		H. W. L. of reservoir m	Actual pumping head m
	Feets	Metres		
No. 1	130	40	76	76
No. 2	145	44	"	72
No. 3	145	44	"	72
No. 4	145	44	"	72
No. 5	150	46	"	70
No. 6	140	43	"	73
No. 7	155	47	"	69
No. 8	95	29	64	75
No. 9	90	27	"	77
No. 10	95	29	"	75
No. 11	110	34	"	70
No. 12	130	40	"	64
No. 13	110	34	"	70
No. 14	100	30	45	55
No. 15	100	30	"	55

表·4-5-4-2 集 水 主 管

Line	Distance (L.M.)	Dia.	Quantity ($m^3/min.$)	Hydraulic gradient (%)	Velocity (m/sec)
№1-I. C.	300	200(8")	1.0	2.4	0.6
№2-I. C.	300	200(8")	1.0	2.4	0.6
I. C. -№3	350	250(10")	2.0	2.8	0.7
№3-I. C.	350	300(12")	3.0	2.5	0.8
№4-I. C.	350	200(8")	1.0	2.4	0.6
I. C. -R. V.	100	350(14")	4.0	2.0	0.7
№5-I. C.	250	200(8")	1.0	2.4	0.6
№6-I. C.	250	200(8")	1.0	2.4	0.6
I. C. -№7	500	250(10")	2.0	2.8	0.7
№7-R. V.	700	300(12")	3.0	2.5	0.8
№11-№12	700	200(8")	1.0	2.4	0.6
№12-I. C.	450	250(10")	2.0	2.8	0.7
№13-I. C.	200	200(8")	1.0	2.4	0.6
I. C. -R. V.	400	300(12")	3.0	2.5	0.8
№8-I. C.	550	200(8")	1.0	2.4	0.6
№9-I. C.	150	200(8")	1.0	2.4	0.6
I. C. -№10	450	250(10")	2.0	2.8	0.7
№10-R. V.	800	300(12")	3.0	2.5	0.8
№14-R. V.	300	200(8")	1.0	2.4	0.6
№15-R. V.	300	200(8")	1.0	2.4	0.6

* Calculated using the Hazen-Williams formula.

表・4-5-4-3 取水ポンプ

Number of wells	Actual pumping head	Friction loss of head by pipe line	Residual head required	Other head losses	Total head	Output of motor
№ 1	76 (m)	2.8 (m)	5 (m)	2 (m)	85.8 (m)	24.7 (KW)
№ 2	72	2.8	"	"	81.8	23.6
№ 3	72	1.1	"	"	80.1	23.1
№ 4	72	1.0	"	"	80.0	23.0
№ 5	70	3.8	"	"	80.8	23.3
№ 6	73	3.8	"	"	83.8	24.1
№ 7	69	1.8	"	"	77.8	22.4
№ 8	75	4.6	"	"	86.6	24.9
№ 9	77	3.6	"	"	87.6	25.2
№ 10	75	2.0	"	"	84.0	24.2
№ 11	70	3.9	"	"	80.9	23.3
№ 12	64	2.3	"	"	73.3	21.1
№ 13	70	1.5	"	"	78.5	22.6
№ 14	55	0.7	"	"	62.7	18.1
№ 15	55	0.7	"	"	62.7	18.1

ポンプの口径

$$\begin{aligned} D &= 146 \sqrt{\frac{Q}{V}} \\ &= 146 \times \sqrt{\frac{1}{30}} \\ &= 84 \text{ (mm)} \rightarrow \phi 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

ここに V ; 吸込管の流速 (m/s)

Q ; 吐出量 (m^3/min)

電動機出力

$$\begin{aligned} P_m &= \frac{16.3 \cdot r \cdot Q \cdot H}{y} (1 + 2) \\ &= \frac{16.3 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.15}{65} \times H \\ &= 0.288 \times H \text{ (kW)} \end{aligned}$$

ここに、 r ; 水の単位体積重量 (Kg/l)

Q ; 吐出量 (m^3/min)

H ; 全揚程 (m)

y ; ポンプの効率 (%)

x ; 余 裕

2) 貯水施設

貯水池容量は1日最大給水量の6時間分に消火用水量を加えた容量とする。

ただし高架水槽の場合の容量は、構造ならびに経済上から1日最大給水量の2時間分に消火用水量を加えた容量とする。

P.R-1

計画給水人口 3,300人 (カレッジの3,000人を含む)

1日1人当り最大給水量

居 住 者 195 l/d

カレッジ 50 l/d

1日最大給水量

$$3,000 \text{人} \times 195 \text{ } l/d + 3,000 \text{人} \times 50 \text{ } l/d = 6,000 \text{ } m^3/d$$

貯水容量

$$6,000 \text{ m}^3/\text{d} \times \frac{6}{24} + 1,444 \text{ m}^3/\text{d} = 1,644 \text{ m}^3/\text{d} \\ \approx 1,700 \text{ m}^3/\text{d}$$

P.R- 2

計画給水人口 28,000人

1日1人当り最大給水量 195 ℓ/d

1日最大給水量

$$28,000 \text{ 人} \times 195 \text{ ℓ/d} = 5,460 \text{ m}^3/\text{d}$$

貯水容量

$$5,460 \text{ m}^3/\text{d} \times \frac{6}{24} + 1,444 \text{ m}^3/\text{d} = 1,509 \text{ m}^3/\text{d} \\ \approx 1,600 \text{ m}^3$$

P.R- 3 (高架水槽)

計画給水人口 9,000人

1日1人当り最大給水量 195 ℓ/d

1日最大給水量

$$9,000 \text{ 人} \times 195 \text{ ℓ/d} = 1,755 \text{ m}^3/\text{d}$$

貯水容量

$$1,755 \text{ m}^3/\text{d} \times \frac{2}{24} + 1,444 \text{ m}^3/\text{d} = 290 \text{ m}^3/\text{d}$$

3) 配水施設

図・4-5-4-1の給水区域分割および人口分布図を基に管網を仮定し、3ヶ所に設置した配水池から所定の水量を流す。

管網はA、B、C各地区ごとに単独給水することを原則とし、各配水池の故障を考え、各地区間の連絡配管を設け1管網として計画する。

管網計算はHARDY-CROSS法によりコンピューターで計算したが、条件を下記のように定めた。

- I 最小動水圧 0.5 Kg/cm²
- II 計画最小管径 φ150 mm (φ6")
- III 計画配水量 計画時間最大給水量 + 消火用水量

ただし計画時間最大給水量は計画日最大給水量の1.5倍とし、配水諸元を表・4-5-4-1に示す。

表・4-5-4-4 配水諸元

		A 地区	B 地区	C 地区	合 計
給 水 人 口 (人)		30,000	28,000	9,000	67,000
計画給水量 (m^3/d)	生活用水	5,850	5,460	1,755	13,065
	商工業用水	—	—	1,000	1,000
	カレッジ	150	—	—	150
	小 計	6,000	5,460	2,755	14,215
	消火用水	144	144	144	432
時間最大給水量 (l/h)		105.8	96.5	49.5	251.8

また管網の流量、流向および管径は図・4-5-4-2のとおりであり、計算過程は付録に収録した。

Fig.4-5-4-1 WATER SUPPLY AREAS & THEIR POPULATIONS OF PROME

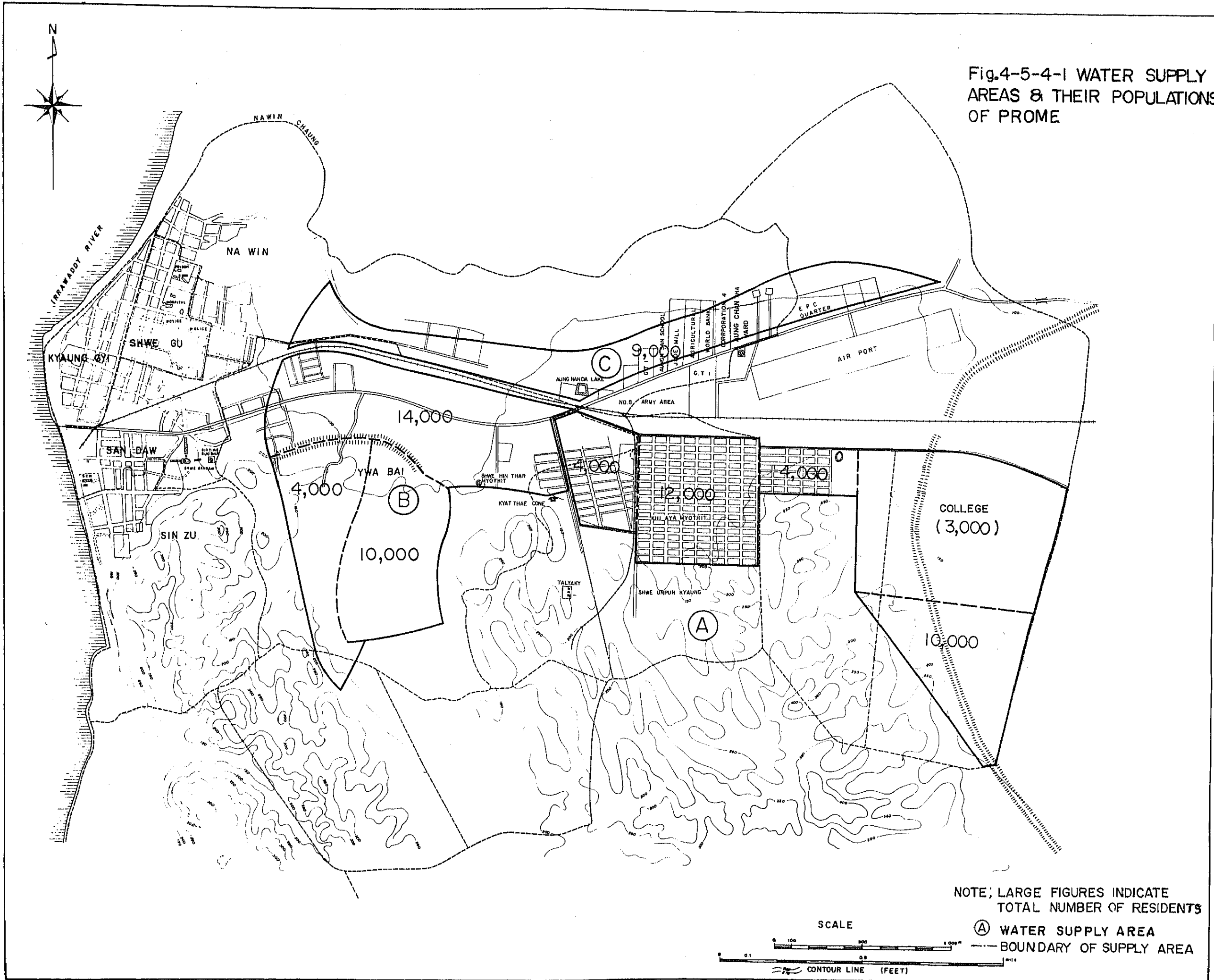


Fig.4-5-4-2 DISTRIBUTION PIPELINE NETWORK OF PROME

